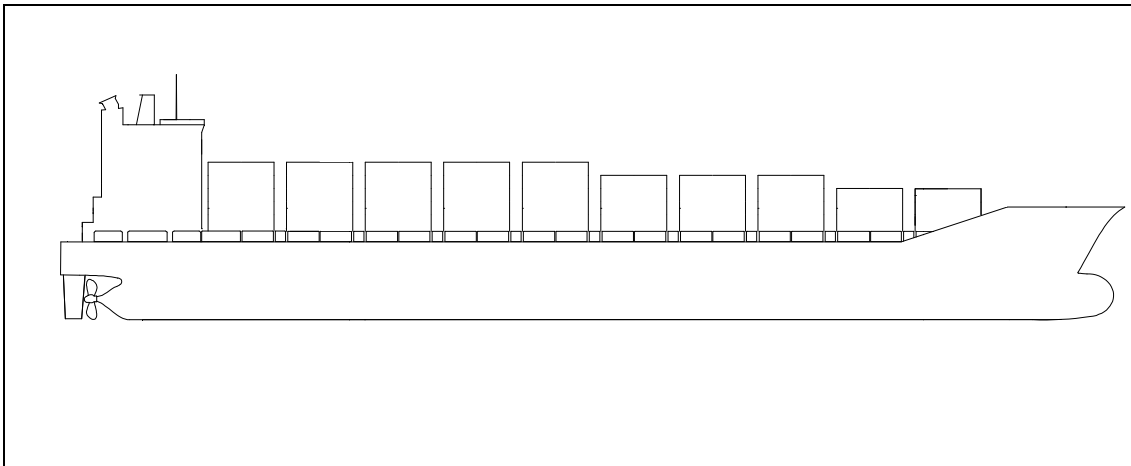




Cuaderno 1

Memoria



Portacontenedores 1750 TEUS

Proyecto Nº 012

Realizado por:

Ismael Fernández Gil

Índice

1. Introducción.....	2
2. Consideraciones sobre el proyecto.....	4
3. Metodología y criterios aplicados.....	5
4. Base de datos.....	8
5. Especificación del proyecto.....	9
6. Seguridad.....	10
7. Impacto ambiental.....	11
8. Mantenimiento.....	12
9. Principales problemas encontrados.....	13
10. Bibliografía.....	14

1. Introducción

El origen del contenedor en el transporte se puede atribuir a Malcom Mclean, transportista, que debido al alto coste generado como consecuencia de la necesidad de diversos medios de transporte dentro de la cadena logística, decidió emplear un embalaje. Este embalaje tenía las mismas dimensiones que la caja de los camiones americanos. A pesar de no tener unidades métricas, las dimensiones iniciales se estandarizaron en todo el mundo debido a la simplificación del proceso que suponía el uso del contenedor.

La introducción del uso de contenedores conllevó las siguientes ventajas:

- Rapidez de carga y descarga.
- Incremento de la protección de la carga, por ir esta estibada dentro del contenedor.
- Mecanizado del proceso de carga y descarga del buque, con la consiguiente reducción de la mano de obra.
- Incremento en la intermodalidad dentro de la cadena de transportes.
- Estandarización de las medidas de un TEU, permitiendo la construcción de estructuras más adaptables a cualquier tipo de carga (cisternas para transporte de líquidos, jaulas para transporte de troncos, etc.)

Por el contrario, el uso de los contenedores ha provocado las siguientes desventajas:

- Grandes inversiones portuarias.
- Movilizaciones de gran número de contenedores conllevando la necesidad de disponer de amplias zonas de estiba en las zonas portuarias.
- Discretización de las unidades de carga, aumentando de esta forma los costes de los usuarios que requieren de unidades más pequeñas de transporte.

Aún siendo tan superiores las ventajas a las desventajas del uso del contenedor, el éxito de este se debió entre otros motivos al uso de mecanismos universales para la manipulación de contenedores y al aumento de seguridad que aportaba a la carga el hecho de estar estibada dentro de un embalaje que puede ser precintado. Por otro lado se instauró un sistema de seguimiento y localización, que permitió aumentar la confianza de los usuarios en este nuevo modo de transporte.

Las unidades de carga más comunes, en cuanto a contenedores se refiere son el TEU (Twenty Equivalent Units) y el FEU (Forty Equivalent Units). Viniendo la capacidad de carga de un buque de este tipo referida a la cantidad de TEU's que es capaz de cargar.

Para facilitar la intermodalidad, el buque cargará los contenedores con su dimensión principal longitudinalmente, puesto que las grúas portuarias están instaladas para que así sea. A bordo podrán ser estibadas tantas filas como permitan los criterios de estabilidad, sin perjudicar las operaciones desde el puente por falta de estabilidad. Por otro lado, las aceleraciones en las filas más altas pueden llegar a generar pérdida de contenedores, luego este será otro aspecto a tener en cuenta.

2. Consideraciones sobre el proyecto.

En lo que se refiere al transporte marítimo, las dimensiones de los buques dedicados a este tipo de transporte vienen determinadas por las propias de la carga. Es decir, varían en cantidades discretas, múltiplo de las unidades de la carga. Las especificaciones del proyecto exigen que el buque cargue 1750 TEU's, así mismo ha de estar dotado de la versatilidad necesaria para poder cargar simultáneamente contenedores de 20 ó 40 pies. Para ello, es necesario tener en cuenta que a pesar de ser aparentemente este último el doble del primero, la realidad es que es algo mayor puesto que se han de considerar el huelgo existente entre dos contenedores de 20 pies.

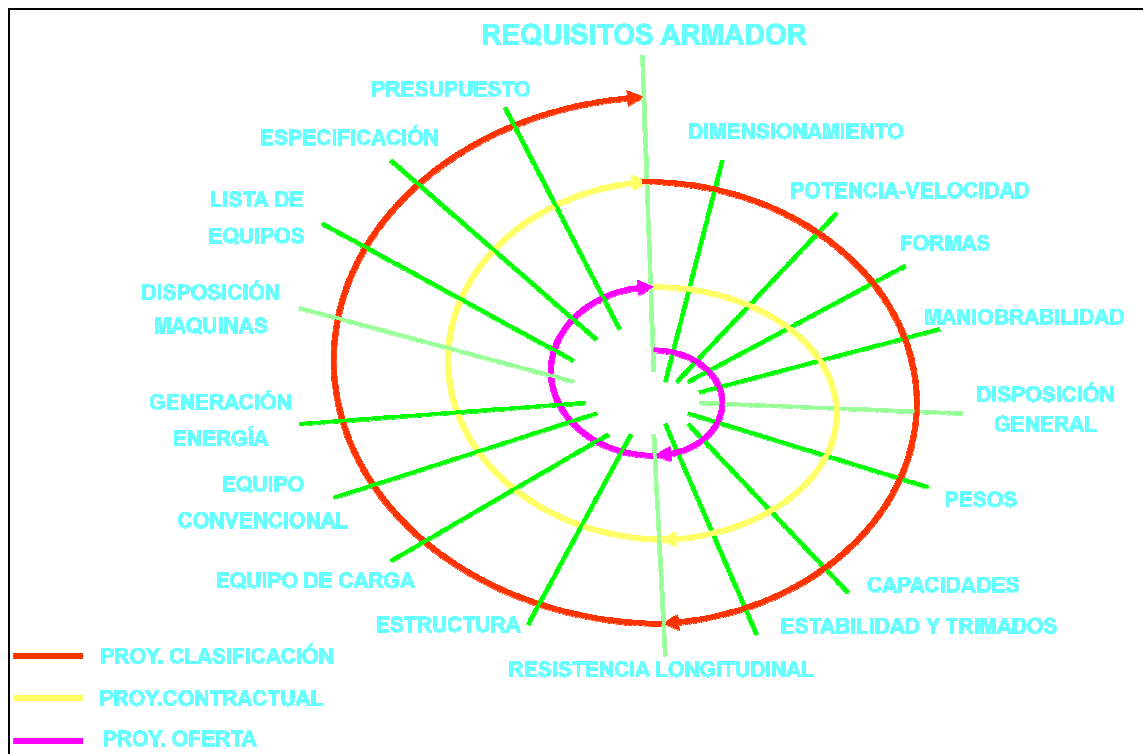
La anchura de los contenedores es, tanto para los contenedores de 20 como de 40 pies, de 8 pies. No ocurre lo mismo con la altura, donde podemos encontrar contenedores de 8, 8 ½, 9 y 9 ½ pies, factor a tener en cuenta en el dimensionamiento de la bodega, que aparentemente convendrá diseñarla de tal modo que su dimensión vertical sea múltiplo de 9 ½ pies incrementando de esta manera su versatilidad.

Por otro lado, la velocidad es un condicionante a tener en cuenta, puesto que al ser ésta tan elevada exigirá de una cámara de máquinas que sea capaz de acoger un motor que pueda desarrollar la potencia requerida.

La ruta a la que estará destinado este buque, a pesar de disponer el mismo de autonomía para trayectos intercontinentales, será una línea secundaria. Esto es debido fundamentalmente a la tendencia seguida en el transporte de contenedores. En la última década, se ha tendido a un sistema de “Hub and Spark”, desarrollándose en cada continente un limitado número de puertos capaces de albergar las dimensiones de los “Post Panamax Plus”. Luego el tamaño al que se refiere la especificación indica que el barco competirá en líneas secundarias, conectando mega puertos con otros de dimensiones más modestas y cuyo tráfico este destinado a satisfacer las necesidades de la región en la que este emplazado.

3. Metodología y criterios aplicados.

El proyecto se compone de catorce cuadernillos, centrándose cada uno de ellos en un aspecto particular que permitirán de este modo concretar el buque. La metodología seguida a la hora de definir el buque será determinada por la espiral de proyecto, mostrada en la siguiente figura.



La descripción que es llevada a cabo en los cuadernillos que van a ser presentados, se centra únicamente en el proyecto de oferta, de tal forma que el buque final cumpla con la especificación ofrecida por el armador.

El proyecto comienza con el dimensionamiento del buque, partiendo de una base de datos previamente recopilada de buques similares que hayan sido construidos. De este modo se obtienen una serie de rangos de variación en las que ha de moverse las magnitudes del buque. Con estas magnitudes se establecerán las distintas alternativas, y finalmente se escogerá la más competitiva de entre todas las estudiadas.

Una vez definidas las magnitudes principales el siguiente paso es determinar las formas, las cuales además de cumplir con los coeficientes ya determinados han de ser capaces de alojar la carga especificada. Por otro lado han de gozar de adecuadas cualidades hidrodinámicas traduciéndose esto en una buena respuesta de potencia-velocidad junto con una buena maniobrabilidad. Parámetros estudiados mediante métodos probabilísticos, los cuales son examinados con un mayor rigor en fases posteriores del proyecto una vez este sea adjudicado.

El cuadernillo 4 se limita a determinar las zonas del buque mediante el plano de disposición general, este además definirá detalladamente la habilitación del buque, llegando a prever cuales serán los flujos en el buque.

Con las formas y la configuración de los espacios interiores se está en disposición de realizar los distintos cálculos de arquitectura naval, francobordo y arqueo y además, puesto que en la disposición general los tanques han sido delimitados esto permitirá realizar el cálculo de sus capacidades y centros de gravedad.

Seguidamente se define con una mayor precisión la potencia que necesitará el buque para alcanzar la velocidad definida en la especificación. Además es en este cuadernillo (Nº 6) en el que se definen las dimensiones del timón, y maniobrabilidad que ofrecerá el mismo.

En el cuadernillo 7, serán estudiados los distintos tipos de marcas y modelos de motores existentes en el mercado y que se ajusten a los requerimientos de potencia y empacho. Por otro lado se establecerán los servicios necesarios para el correcto funcionamiento de la planta propulsora y de generación de energía a bordo.

El cuadernillo 8 está centrado en los sistemas y equipos necesarios para convertir la estructura en un buque, que permita la vida a bordo y la realización correcta de sus funciones.

A continuación se lleva a cabo el balance eléctrico, calculando los grupos electrógenos necesarios para la alimentación de los distintos equipos.

Finalmente se pasa al bloque 3, en el que se comenzará definiendo la configuración estructural necesaria para soportar los esfuerzos a los que esté sometido el buque. Esta configuración será llevada a cabo siguiendo las recomendaciones dadas por las recomendaciones emitidas por la sociedad de clasificación elegida por el armador (LRS).

Seguidamente se procederá al desglose de pesos, puesto que tanto la maquinaria como muchos de los equipos ya han sido definidos y el propio fabricante facilita la documentación necesaria para tal efecto.

El cuaderno 12 está dedicado a verificar que las distintas situaciones de carga, cumplen con los criterios emitidos por las autoridades. Especialmente será llevado a cabo el estudio de estabilidad después de averías.

El último documento que será entregado es el presupuesto del buque, el cual será clave para garantizar al armador la viabilidad del proyecto. Por un lado garantizará al armador que el coste de construcción le permitirá obtener el margen de beneficios y por otro el astillero ha de asegurarse que la construcción del buque le reportará beneficios.

Como se puede apreciar, la metodología sigue el proceso recogido en la espiral de proyecto.

4. Base de datos

Conocidas las especificaciones del proyecto, es necesario disponer de datos de buques de características similares al propuesto. Para elaborar la base de datos se ha considerado como principal requisito aquellos buques cuya capacidad de carga sea similar a la requerida, limitando el número de buques a aquellos que no tuviesen una antigüedad superior a 15 años.

Con estos datos, se pueden llevar a cabo regresiones lineales las cuales son de gran importancia en las fases iniciales. Por otro lado, la falta de experiencia y criterio del autor, hacen que sean estos los únicos datos, considerados veraces, de los que se dispone.

Los datos recopilados en esta base de datos son de gran ayuda en puntos del proyecto en los que la obtención de datos venga dada por fórmulas empíricas. La base de datos permitirá llevar a cabo una correlación. Luego el mecanismo será el siguiente: por un lado se obtienen los datos a partir de la fórmula disponible, y por otro se coteja la fórmula con las cifras existentes en la base de datos. Es de destacar que esta fue la secuencia a la hora de determinar la potencia necesaria en las distintas alternativas.

5. Especificaciones del proyecto.

PROYECTO NÚMERO: CA5

TIPO DE BUQUE: Portacontenedores

CAPACIDAD DE CARGA: 1750 TEU's (120 refrigerados)

PESO MUERTO: 21000 TM

SOCIEDAD DE CLASIFICACIÓN: Lloyd's Register

REGLAMENTOS: Solas, Marpol, Convenio Líneas de carga

VELOCIDAD: 22 nudos al 85% MCR en pruebas

AUTONOMÍA: 12000 millas al 90% MCR y 15% de margen de mar

TRIPULACIÓN: 25 personas

6. Seguridad.

Es de notable importancia tener ciertos márgenes en la seguridad global del buque. En el proyecto del buque hay que considerar ciertos aspectos que influyen sobre la seguridad y operación del buque. Los portacontenedores pueden transportar cargas en zonas altas –vacíos en la mayoría de los casos- y por tanto plantean problemas de estabilidad. El correcto trincado de los contenedores sobre cubierta debe impedir que incluso en condiciones de mala mar, con grandes amplitudes de movimientos del buque, los contenedores puedan caer, comprometiendo la seguridad del buque por la variación brusca de la posición del centro de gravedad.

Es necesario compartimentar bien el buque, de modo que en caso de accidente o avería, con la aparición de alguna vía de agua, se evite la inundación progresiva del casco del buque, siempre que sea posible por la naturaleza de la misma, y al menos se mantenga la estabilidad durante el máximo tiempo posible.

7. Impacto ambiental.

De acuerdo con la legislación vigente en materia de contaminación, el buque ha de cumplir con el reglamento MARPOL, anexo VI, donde se establecen una serie de obligaciones y directrices cuyo fin es reducir en lo posible los efectos nocivos generados al medio como consecuencia de la explotación del buque.

Los residuos gaseosos que emite el buque tienen como origen la combustión del Fuel Oil, empleado para la propia propulsión del buque y la producción de energía eléctrica. Al ser el foco de estas emisiones la maquinaria propulsiva instalada a bordo, es necesario considerar el nivel de emisiones generado por los distintos modelos antes de llevar a cabo la elección del mismo.

Por otro lado, durante el normal funcionamiento de los equipos, o en las operaciones de trasiego, se pueden producir derrames de los combustibles o de los aceites empleados para la lubricación. Estos derrames van a parar a las sentinas del buque mezclándose con agua. Es por tanto necesario instalar una planta de tratamiento de estas aguas oleosas que permita reducir el porcentaje de hidrocarburos al límite impuesto por la IMO.

Las aguas residuales son distinguidas entre grises y negras. Las primeras pueden ser arrojadas directamente al mar –excepto en zonas protegidas y cercanas a puerto– pero las segundas han de ser convenientemente tratadas en una depuradora y sus residuos descargados en puerto.

Para eliminar ciertos tipos de residuos sólidos se instalará a bordo un incinerador, cuyas cenizas habrán de ser descargadas en puerto.

8. Mantenimiento.

De cara a reducir los costes de explotación del buque y otros costes derivados de la varada para llevar a cabo las reparaciones y las revisiones necesarias para la obtención de certificados, es vital que el diseño del buque haya sido llevado a cabo atendiendo a estas futuras necesidades.

La estructura será simplificada en la medida de lo posible en los tanques de lastre y bodegas. Se procurará que los tanques que se encuentren anexos a zonas sometidas a grandes esfuerzos y aquellas sensibles de sufrir impactos durante las operaciones de carga y descarga, sean destinados a lastre. Esto evitará la necesidad de limpiar los tanques para poder llevar a cabo trabajos en caliente.

9. Principales problemas encontrados.

El desarrollo del proyecto de un buque es un problema complejo, que requiere de un gran número de herramientas que permitan llevar a buen puerto la conclusión del mismo.

En la actualidad se dispone de soportes informáticos que simplifican notablemente el trabajo requerido, pero por otro lado implican un correcto conocimiento de uso además de ser fundamental disponer de un criterio capaz de garantizar la veracidad de los resultados emitidos por el programa.

En consecuencia, tanto el aprendizaje del uso de programas como el análisis de los resultados han de ser considerados los dos grandes problemas a los que se enfrenta un proyectista novel. De ahí que la estimación inicial haya sido revisada en numerosas ocasiones antes de considerar los datos como válidos.

Por otro lado, es de mencionar las dificultades aparecidas a la hora de estibar la carga correctamente, puesto que las formas obtenidas inicialmente hicieron o bien modificar la disposición de los contenedores dentro de las bodegas, o bien llevar a cabo ligeros cambios en las formas sin permitir que estos cambios afectasen los coeficientes ya obtenidos.

10. Bibliografía.

1. Significant Ships (Númberso from 1994 until 2007)
2. Ricardo Alvaríño Castro, Juan Aspíroz y Manuel Meizoso Fernández. 1997: “El proyecto básico del buque mercante”. Ed. FEIN
3. Convenio SOLAS
4. Antonio Baquero. 1996 “Introducción a la resistencia y propulsión”. Ed. Fondo editorial ETSIN.
5. Cristina Sáez de Santa Maria y María Ignacia González-Llanos. Proyecto fin de carrera número 1486.
6. Fermín Monterrubio y Óscar Pérez. Proyecto fin de carrera número 1623
7. Don Antonio Baquero en su tesis doctoral, “Proyecto de Timones Marinos”.
8. Lloyd’s Register of Shipping Rules (2004)
9. Manuel Meizoso Fernández y José Luis García Garcés. 2000. “Desplazamiento. Calculo iterativo del peso en rosca y peso muerto.” Ed. Fondo editorial ETSIN.
10. Convenio internacional sobre líneas de carga.
11. Convenio MARPOL.
12. <http://www.lr.org>
13. <http://www.wartsila.com>
14. <http://www.containership-info.com/>
15. Apuntes Equipos y Servicios II Don Alfonso López de Asiaín Zabia

11. Software

Microsoft office 2007

Paquete Maxsurf

Autocad 2006

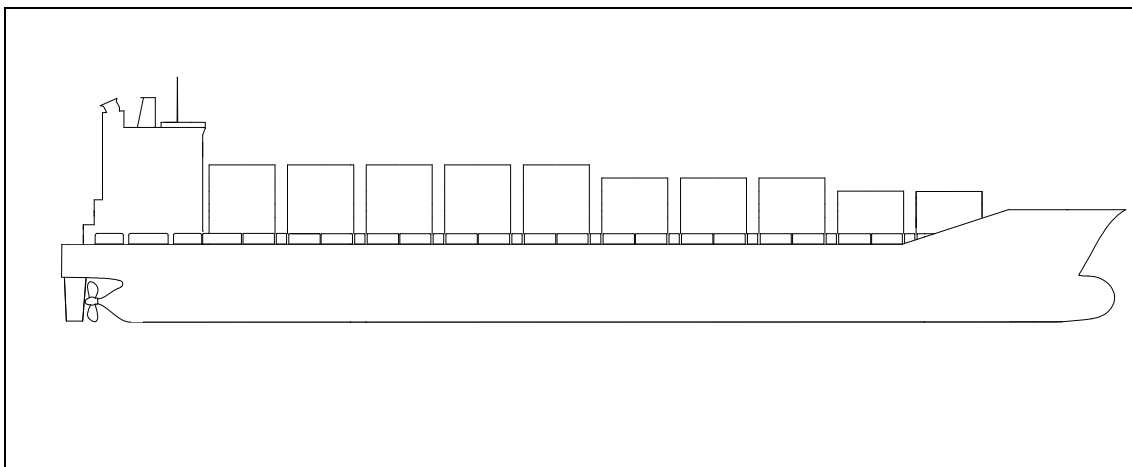
Mior

Dia



Cuaderno 2

Dimensionamiento



Portacontenedores 1750 TEUS

Proyecto Nº 012

Realizado por:

Ismael Fernández Gil

Especificaciones del proyecto

PROYECTO NÚMERO: CA5

TIPO DE BUQUE: Portacontenedores

CAPACIDAD DE CARGA: 1750 TEU's (120 refrigerados)

PESO MUERTO: 21000 TM

SOCIEDAD DE CLASIFICACIÓN: Lloyd's Register

REGLAMENTOS: Solas, Marpol, Convenio Líneas de carga

VELOCIDAD: 22 nudos al 85% MCR en pruebas

AUTONOMÍA: 12000 millas al 90% MCR y 15% de margen de mar

TRIPULACIÓN: 25 personas

Índice

1. Introducción.....	4
2. Base de datos.....	5
3. Definición de las dimensiones.....	6
4.1 Eslora entre perpendiculares.....	6
4.2 Manga.....	9
4.3 Puntal.....	10
4. Definición de las alternativas.....	12
4.1 Eslora.....	14
4.2 Manga.....	14
4.3 Puntal.....	15
4.4 Desplazamiento, peso en rosca.....	15
4.5 Coeficiente de bloque y calado de proyecto.....	16
4.6 Coeficiente de la maestra.....	17
4.7 Coeficiente prismático.....	17
4.8 Coeficiente de la flotación.....	18
4.9 Corroboración de los coeficientes de carena mediante el F_n	
4.10 Potencia.....	18
4.11 Desglose de peso muerto.....	19
4.12 Cálculo preliminar de la estabilidad.....	23
4.13 Elección de la alternativa.....	24
5. Posición longitudinal del C.D.G del peso en rosca.....	26
6. Cálculo del francobordo geométrico.....	28
7. Acrónimos.....	31
8. Apéndice.....	32
Apéndice I “Base de datos”.....	32

Apéndice II “Cálculos dimensiones principales”	36
Apéndice III “Propulsión”	43
Apéndice IV “Cálculos preliminares estabilidad”	46

1. Introducción.

Todo proyecto de un buque nace a partir de la definición de sus dimensiones principales y la determinación de los coeficientes más representativos. Este cuaderno parte para ello de la especificación inicial y mediante una base de datos constituida por buques de características similares se decidirán los parámetros del buque proyecto.

Luego, el fin de este cuaderno es obtener las dimensiones principales, como son: eslora entre perpendiculares, manga, puntal, peso en rosca, desplazamiento, coeficiente de la maestra, coeficiente de bloque, coeficiente de la flotación, coeficiente prismático, radio metacéntrico y posición longitudinal de carena. Además de obtener la potencia.

Por tratarse de un buque cuya carga esta estandarizada, sus dimensiones varían de forma discreta, múltiplo de las dimensiones de los contenedores. El procedimiento consta en obtener distintas configuraciones de carga, eligiendo la que disponga de las mejores características.

2. Base de datos

Conocidas las especificaciones del proyecto, es necesario disponer de datos de buques de características similares al propuesto. Para elaborar la base de datos se ha considerado como principal requisito aquellos buques cuya capacidad de carga sea similar a la requerida, limitando el número de buques a aquellos que no tuviesen una antigüedad superior a 15 años.

Los datos con los cuales se ha formado la base de datos son:

Datos Principales	Datos Adimensionales	Datos sistema propulsor	Datos carga
L	$L_{pp} \cdot B \cdot D$	V	NCSC
B	L_{pp}/B	F_n	NCHO
D	B/T	$V_s/L_{pp} \cdot 0,5$	NCHO %
T	D/T	RPM	NCHOB
PM	D/B	D	NCHOD
PR	L_{pp}/D	Hélice/T	NCHOL
TEU	Cb	BHP	NCSCD
DIS		BHP servicio	NSB
			NSL
			KCUB
			LASTRE

3. Definición de las dimensiones.

Para comenzar con el dimensionamiento del buque, se harán uso tanto de fórmulas que aporten datos aproximados, datos cimentados en las líneas de tendencia medidas en las distintas relaciones de la base de datos o simplemente realizando operaciones sencillas con las magnitudes conocidas para los casos más simples. Puesto que la carga a trasportar es de tipo modular, las dimensiones obtenidas con la base de datos deberán modificarse de tal modo que el tamaño de la bodega sea tal que sus dimensiones correspondan a múltiplos de las dimensiones del contenedor.

3.1 Eslora entre perpendiculares

La eslora entre perpendiculares se descompone en cuatro sumandos:

$$L_{pp} = L_{ap} + L_{er} + L_{fp} + L_c$$

Siendo cada uno de los símbolos:

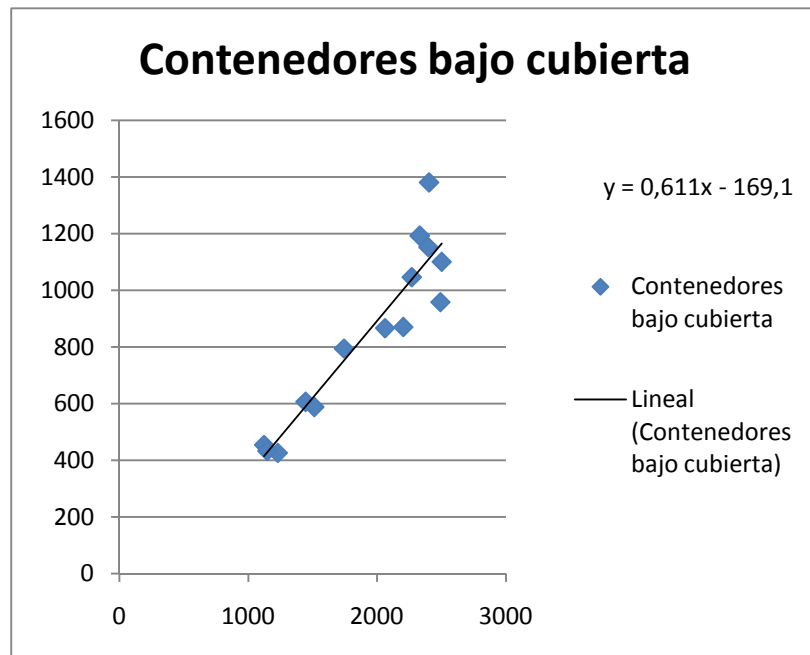
L_{pp} : Eslora entre perpendiculares
 L_{ap} : Eslora del pique de popa
 L_{er} : Eslora de la cámara de máquinas
 L_{fp} : Eslora del pique de proa
 L_c : Eslora de la bodega de carga

El cálculo de la L_{pp} se hará en base a las regresiones expuestas en el libro “El proyecto básico del buque mercante” cuya fórmula es [Ref 2]:

$$L_{pp} = 113,5 + 0,082 NCHO - \frac{3607,5}{NCHO}$$

NCHO: número de contenedores en bodega

El valor de NCHO se obtendrá de la base de datos, a partir de una regresión lineal realizada entre el número de contenedores que cargan los buques de la base de datos en sus bodegas y el número total de contenedores que transportan. De dónde se obtiene:



$$NCHO = 0,611 \cdot TEU's - 169,1$$

$$NCHO \approx 898$$

Y como resultado:

$$Lpp = 183,1 \text{ m}$$

Pudiéndose estimar los otros tres términos de la siguiente manera:

Lap: 6,5 % de la Lpp.

Lfp: 6,5 % de la Lpp.

Ler: 14 % de la Lpp.

Estos valores no van a ser los finales, sino que serán modificados de tal forma que finalmente sean múltiplos cada uno de los compartimentos de la clara entre cuadernos que corresponda a cada uno de estos espacios.

Los valores de estas claras que van a ser tomados son:

Clara de cuadernas en CM	700 mm
Clara de cuadernas en piques	600 mm
Clara de cuadernas en bodegas	800 mm

Quedando finalmente:

Eslora del pique de popa	11,4 m
Eslora del pique de proa	11,4 m
Eslora de la cámara de máquinas	24,4 m

Definidas estos valores, la eslora de la bodega de carga, se obtiene como diferencia entre la eslora entre perpendiculares del buque y el resto de esloras con las que cuenta el buque:

$$Lc = Lpp - Lap - Lfp - Ler$$

$$Lc = 124,0 \text{ m}$$

El número máximo de filas de contenedores bajo cubierta en eslora se obtendrá de la siguiente expresión [Ref 2]:

$$Lc = (Lbc + Lcon + Lcc + Lcon + Lbc) \cdot \frac{NCHOL}{2} + LMRO \cdot \left(\frac{NCHOL}{2} - 1 \right)$$

Siendo cada uno de los símbolos:

NCHOL: N° de contenedores sobre cubierta
 Lcon: Eslora de dos TEU's
 LMRO: Longitud del espacio entre bodegas
 Lbc: Distancia entre brazola y contenedor
 Lcc: Distancia entre dos contenedores

Haciendo las estimaciones oportunas, o tomando los valores recomendados por la sociedad de clasificación según el caso:

Distancia entre brazola y contenedor	0,118 m
Eslora de un TEU's	6,058 m
Distancia entre dos contenedores	0,1 m
Longitud del espacio entre bodegas	2,1 m

De tal manera que el valor obtenido de NCHOL está comprendido entre 18 o 19. Y para la cubierta, donde en lugar de encontrarse la cámara de máquinas se encuentra la superestructura (cuya eslora es menor que la de la cámara de máquinas) se podrán alojar dos contenedores más, luego el valor de NCSCB será de 20 ó 21.

3.2 Manga

Su valor se estimará a partir del número máximo de contenedores sobre cubierta, usando para ello la expresión [Ref 2]:

$$B = B_c \cdot NCSCB + B_{cc} \cdot (NCSCB - 1)$$

El valor de B es obtenido a partir de la base de datos, haciendo una regresión lineal con los datos de los que se dispone.

$$B = 0,005 \cdot TEU's + 18,98$$

Con lo cual el valor estimado de la manga es:

$$B = 27,8 \text{ m}$$

B_c Manga de cada contenedor

B_{cc} Huelgo en manga entre dos contenedores

Cuyos valores son:

Manga de cada contenedor	2,438 m
Huelgo en manga entre dos contenedores	0,1 m

Que despejando NCSCB resulta un valor comprendido entre 10 y 11 contenedores. Al igual que se realizó anteriormente se supondrá que bajo cubierta el número de contenedores que será capaz de alojar el buque disminuirá en una unidad, luego NCHOB tendrá un valor de 9 ó 10.

3.3 Puntal

El número total de contenedores que estibarán el buque en vertical van a ser los que se encuentren bajo cubierta más aquellos que se encuentren sobre la misma. Además de esto ha de ser tenido en cuenta:

Db	Altura de brazola
Ddf	Altura doble fondo
Dfc	Huelgo entre el primer contenedor y el doble fondo
Dcc	Huelgo entre contenedores
Dflex	Altura entre el último contenedor y la tapa de la escotilla
Dcon	Puntal contenedor

Para obtener dicho número [Ref 2]:

$$D + Db = Ddf + Dfc + NCHOD \cdot Dcon + (NCHOD - 1) \cdot Dcc + Dflex$$

Al igual que se ha hecho anteriormente:

$$D = 0,0045 \cdot TEU's + 8,986$$

$$D = 16,9 \text{ m}$$

Y el resto de valores que queda por determinar:

Altura de la brazola	0,6 m
Puntal doble fondo	1,8 m
Huelgo entre el primer contenedor y el doble fondo	0,08 m
Puntal contenedor	2,59 m
Huelgo entre contenedores	0,025 m
Altura entre el último contenedor y la tapa de la escotilla	0,25 m

Entrando con todos estos valores en la expresión anterior, el valor obtenido es 6 TEU's. Para poder estimar el número de contenedores que pueden ir sobre cubierta, las consideraciones a tenerse en cuenta son, por un lado el hecho de no perjudicar la estabilidad, y por otro los contenedores no deben perjudicar la visibilidad desde el puente (problema que puede ser solventado incrementando la altura de la superestructura).

Al igual que se ha hecho con datos requeridos en apartados anteriores se hará uso de la base de datos, estimado el valor por medio de una regresión lineal. Los valores más comunes están comprendidos entre 4 y 5 contenedores sobre cubierta.

4. Definición de las alternativas

Combinando las diferentes configuraciones obtenidas en el apartado anterior, donde el número de contenedores variaba para cada una de las dimensiones entre dos posibles valores, se tendrán ocho posibles alternativas para la elección de las dimensiones finales del buque.

Además en este apartado se considerará la disminución de contenedores que es capaz de estibar el buque como consecuencia del afinamiento de formas a proa y popa, además de otros factores que también obligarán a reducir el número de TEU's estibados como son la cámara de máquinas, superestructura, castillo de proa, piques, etc.

Resumiendo, los valores estimados previamente:

NCHOL	18-19
NCSCCL	20-21
NCSCB	10-11
NCHOB	9-10
NCHOD	6
NCSOD	4-5

Para poder acotar el problema, se estudiarán las diferentes alternativas obtenidas al variar el número de contenedores bajo cubierta, esto es, NCHOL, NCHOB, NCHOD. Puesto que las magnitudes sobre cubierta se han obtenido a raíz de las estimadas bajo cubierta. Así las diferentes alternativas de las que se dispone son:

a. Alternativa 1:

NCHOL	18
NCHOB	9
NCHOD	5

NCSCCL	20
NCSCB	10
NCSOD	6

b. Alternativa 2:

NCHOL	18
NCHOB	11
NCHOD	5

NCSCCL	20
NCSCB	12
NCSOD	5

c. Alternativa 3:

NCHOL	18
NCHOB	10
NCHOD	5

NCSCCL	20
NCSCB	11
NCSOD	5

d. Alternativa 4:

NCHOL	17
NCHOB	10
NCHOD	5

NCSCCL	19
NCSCB	11
NCSOD	6

e. Alternativa 5

NCHOL	19
NCHOB	9
NCHOD	4

NCSCCL	21
NCSCB	10
NCSOD	4

f. Alternativa 6:

NCHOL	19
NCHOB	10
NCHOD	6

NCSCCL	21
NCSCB	11
NCSOD	5

g. Alternativa 7:

NCHOL	20
NCHOB	9
NCHOD	5

NCSCCL	22
NCSCB	10
NCSOD	5

h. Alternativa 8:

NCHOL	19
NCHOB	10
NCHOD	4

NCSCCL	21
NCSCB	11
NCSOD	4

A continuación se presentan los resultados de las dimensiones principales para cada alternativa. El cálculo para cada una de las alternativas se llevará a cabo mediante una hoja de cálculo, que será presentada en un anexo al final del documento, mientras que en cada sección se indicará por un lado la expresión o expresiones empeladas y los resultados para cada una de las alternativas.

4.1 Eslora

La expresión a emplear es la misma que se empleó para el cálculo de NCHOL, pero está vez el dato que se desea obtener es la Lpp. Partiendo del cálculo de la eslora de bodegas [Ref 2]:

$$Lc = (Lbc + Lcon + Lcc + Lcon + Lbc) \cdot \frac{NCHOL}{2} + LMRO \cdot \left(\frac{NCHOL}{2} - 1 \right)$$

La Lpp se obtiene de:

$$Lpp = Lap + Ler + Lfp + Lc$$

Donde todas las esloras de las diferentes secciones del buque se mantienen constantes para cada una de las alternativas salvo la Lc. Así se tiene:

	Lc (m)	Lpp (m)
Alternativa 1	128,9	176,2
Alternativa 2	128,9	176,2
Alternativa 3	128,9	176,2
Alternativa 4	121,6	168,9
Alternativa 5	136,1	183,3
Alternativa 6	136,1	183,3
Alternativa 7	143,4	190,7
Alternativa 8	136,1	183,3

4.2 Manga

Al igual que se hizo para la eslora, la expresión con la que se obtiene la manga es [Ref 2]:

$$B = B_c \cdot NCSCB + B_{cc} \cdot (NCSCB - 1)$$

Y los datos obtenidos:

	B (m)
Alternativa 1	25,3
Alternativa 2	30,4
Alternativa 3	27,7
Alternativa 4	27,7
Alternativa 5	25,3
Alternativa 6	27,7
Alternativa 7	25,3
Alternativa 8	27,7

4.3 Puntal

Dimensión para la cual empleamos la expresión [Ref 2]:

$$D + Db = Ddf + Dfc + NCHOD \cdot Dcon + (NCHOD - 1) \cdot Dcc + Dflex$$

Cuyos valores para cada una de las alternativas son:

	D (m)
Alternativa 1	16,9
Alternativa 2	16,9
Alternativa 3	16,9
Alternativa 4	16,9
Alternativa 5	14,4
Alternativa 6	16,9
Alternativa 7	16,9
Alternativa 8	14,4

4.4 Desplazamiento, peso en rosca

El desplazamiento se obtiene a partir del peso muerto y el peso en rosca, que será calculado como primera aproximación, a partir de una curva de regresión con respecto al peso muerto o a “L·B·D”. El ajuste lineal de la curva “PR-L·B·D” tiene una

desviación media menor que el de la curva “PR-PM” y por tanto será usado aquella gráfica para el cálculo del peso en rosca.

	PR
Alternativa 1	9400,2
Alternativa 2	10863,8
Alternativa 3	10132,0
Alternativa 4	9800,5
Alternativa 5	8594,1
Alternativa 6	10463,5
Alternativa 7	10002,6
Alternativa 8	9244,9

4.5 Coeficiente de bloque y calado de proyecto

Para determinar el coeficiente del bloque (Cb) es necesario disponer del calado de proyecto (Tp), cuya determinación depende de factores desconocidos por el momento. Por lo tanto la obtención de Tp se realizará a partir de una regresión lineal con los datos de los que se dispone de la base de datos.

La expresión empleada para obtener el Cb de cada alternativa:

$$Cb = \frac{\Delta}{1,025 \cdot B \cdot L \cdot T}$$

	Cb
Alternativa 1	0,75
Alternativa 2	0,65
Alternativa 3	0,70
Alternativa 4	0,72
Alternativa 5	0,70
Alternativa 6	0,68
Alternativa 7	0,71
Alternativa 8	0,65

4.6 Coeficiente de la maestra

El coeficiente de la maestra influye sobre la resistencia al avance de la carena u obra y además tiene una repercusión directa sobre la extensión de la zona curva del casco en el pantoque, influyendo así en el proceso constructivo. Es aconsejable por lo tanto un valor elevado de este coeficiente reduciendo de este modo el radio del pantoque y que éste pueda así realizarse con una única plancha.

El coeficiente de la maestra también juega un papel determinante en la estabilidad ya que valores elevados de este reducen los efectos del balanceo.

Para poder obtener una primera estimación de este valor se hará uso de la expresión facilitada en el texto “El Proyecto Básico del Buque Mercante”:

$$Cm = 1 - 0,062 \cdot Fr_n^{0,792}$$

Siendo:

	Cm
Alternativa 1	0,963
Alternativa 2	0,963
Alternativa 3	0,963
Alternativa 4	0,962
Alternativa 5	0,963
Alternativa 6	0,968
Alternativa 7	0,964
Alternativa 8	0,963

4.7 Coeficiente prismático

Se define como el cociente entre el coeficiente de bloque y el coeficiente de la maestra, luego:

$$Cp = \frac{Cb}{Cm}$$

	Cp
Alternativa 1	0,689
Alternativa 2	0,608

Alternativa 3	0,645
Alternativa 4	0,667
Alternativa 5	0,633
Alternativa 6	0,702
Alternativa 7	0,645
Alternativa 8	0,592

4.8 Coeficiente de la flotación

El coeficiente de la flotación, además de venir condicionado en gran medida por los coeficientes de bloque y de la maestra, también se ve fuertemente influenciado por el grado U-V de las secciones transversales de la carena. Será obtenido a partir de:

$$Cf = 0,248 + 0,778 \cdot Cb$$

Con ello el valor de Cf para cada alternativa:

	Cf
Alternativa 1	0,875
Alternativa 2	0,799
Alternativa 3	0,834
Alternativa 4	0,851
Alternativa 5	0,836
Alternativa 6	0,817
Alternativa 7	0,840
Alternativa 8	0,797

4.9 Corroboración de los coeficientes de carena mediante el Fn.

Tal y como se han obtenido otros coeficientes, y con el fin de llevar a cabo una comprobación de la veracidad de los resultados obtenidos se emplearán las regresiones lineales para obtener los coeficientes de carena.

El Fn para cada alternativa tiene los siguientes valores:

	Fn
Alternativa 1	0,260
Alternativa 2	0,260

Alternativa 3	0,260
Alternativa 4	0,266
Alternativa 5	0,255
Alternativa 6	0,255
Alternativa 7	0,250
Alternativa 8	0,255

Obteniendo para cada uno de los coeficientes los siguientes valores:

$F_n - C_b$

$$C_b = 0.1992 - 1.5132 \cdot F_n$$

	C_b
Alternativa 1	0,593
Alternativa 2	0,593
Alternativa 3	0,593
Alternativa 4	0,601
Alternativa 5	0,585
Alternativa 6	0,585
Alternativa 7	0,577
Alternativa 8	0,585

$F_n - C_m$

$$C_m = 0.9957 - 0.0654 \cdot F_n$$

	C_m
Alternativa 1	0,947
Alternativa 2	0,953
Alternativa 3	0,950
Alternativa 4	0,949
Alternativa 5	0,950
Alternativa 6	0,951
Alternativa 7	0,950
Alternativa 8	0,953

$F_n - C_p$

$$C_p = 0.1934 - 1.5853 \cdot F_n$$

	C_p
Alternativa 1	0,606
Alternativa 2	0,606
Alternativa 3	0,606
Alternativa 4	0,614
Alternativa 5	0,597
Alternativa 6	0,597
Alternativa 7	0,590
Alternativa 8	0,597

$F_n - C_f$

$$C_f = 0.403 + 1.1773 \cdot F_n$$

	C_f
Alternativa 1	0,709
Alternativa 2	0,709
Alternativa 3	0,709
Alternativa 4	0,716
Alternativa 5	0,703
Alternativa 6	0,703
Alternativa 7	0,697
Alternativa 8	0,703

Realizando una comparativa entre los valores obtenidos siguiendo los pasos sugeridos por Don Manuel Meizoso en “El Proyecto Básico del Buque Mercante” [Ref 2] y las anteriores regresiones se obtienen unas discrepancias que varían entre 1,7% para el caso del Cm y del 17% para el Cp.

Debido a la necesidad de modificar las formas para acomodar la mayor cantidad posible de contenedores en bodega, y suponer este punto una rotura de la espiral del ciclo del proyecto, se tomarán aquellos valores como validos..

4.10 Potencia

La necesidad de conocer este dato en una fase tan temprana del desarrollo del proyecto tiene su fin en la estimación que se llevará a cabo del consumo del buque, y para ello es necesario disponer de la potencia. Esta puede ser estimada a partir de la fórmula de D.G.M. Watson, cuya expresión es:

$$PB = \frac{0,889 \cdot \nabla^{2/3} \cdot (40 - L_{pp}/61 + 400 \cdot (k - 1)^2 - 12 \cdot Cb)}{15000 - 1,81 \cdot N \sqrt{L_{pp}}} \cdot V^{1/3}$$

Donde:

- PB Potencia desarrollada por el motor propulsor directamente acoplado, en HP
 N R.P.M. del motor propulsor
 K Constante fórmula Alexander

Y la potencia al freno requerida para cada una de las alternativas (considerado 22 kn al 85% MCR), según la fórmula de Alexander es:

	PB
Alternativa 1	31343
Alternativa 2	24507
Alternativa 3	27002
Alternativa 4	29650
Alternativa 5	25599
Alternativa 6	25026
Alternativa 7	26099

Alternativa 8	22971
---------------	-------

Valores que han sido correlacionados con los datos conocidos de buques de la base de datos.

4.11 Desglose peso muerto.

La mayoría de los consumos a bordo vienen determinados por la autonomía exigida al buque. Además se establecerá un margen de seguridad, tanto para combustible como para víveres y suministro de agua dulce.

○ Combustible

La estimación del combustible se hará en función de la potencia instalada en el buque, considerando que el consumo por CV instalado y hora es:

$$\text{Consumo} = 160 \frac{gr}{BHP \cdot h}$$

Por otro lado, la autonomía del buque ha de ser de 12000 millas al 90 % MCR, puesto que no se dispone de las curvas BHP-Velocidad, se entrará con la potencia al 90 % de MCR en la fórmula de D.G.M. Watson, obteniendo así la velocidad, y poder obtener las horas de autonomía en consecuencia. Usando la expresión:

$$V = \sqrt[3]{\frac{MCR \cdot 0,9 \cdot (15000 - 1,81)}{0,889 \cdot \nabla^{2/3} \cdot (40 - \frac{L_{pp}}{61} + 400 \cdot (k - 1)^2 - 12 \cdot C_b)}}$$

Su situación en el buque en el caso más desfavorable estará situada entre el techo del doble fondo y la cubierta superior, por lo que su centro de gravedad estará situado entre la altura del techo de doble fondo y el puntal.

$$Z_{HFO} = \frac{(Ddf + D)}{2}$$

Considerando el 10 % de margen de seguridad para salvar imprevistos, más un 15 % del margen de mar:

	Combustible TM
Alternativa 1	2576
Alternativa 2	1963
Alternativa 3	2189
Alternativa 4	2419
Alternativa 5	2067
Alternativa 6	2016
Alternativa 7	2119
Alternativa 8	1838

○ Aceite

El aceite estimado será un 3 % del combustible, y su situación en el buque estará en la cámara de máquinas, en el doble fondo. Luego:

	Aceite
Alternativa 1	77,1
Alternativa 2	69,4
Alternativa 3	71,6
Alternativa 4	75,7
Alternativa 5	67,6
Alternativa 6	69,2
Alternativa 7	69,5
Alternativa 8	66,6

$$X = Lap + \frac{Ler}{2}$$

$$Z = \frac{Ddf}{2}$$

○ Elementos de estiba

Supondremos un peso de alrededor de 80 toneladas, coincidiendo su posición con el del centro de gravedad de la carga.

$$X = Xc$$

$$Z = Zc$$

- Cargos y pertrechos

Se estima un peso de 25 toneladas, situadas en la cubierta principal del buque.

- Tripulación

La tripulación está formada por 25 personas. La estimación de su peso se hará teniendo en cuenta el equipaje que porta cada uno de ellos. Luego una buena estimación será considerar el peso de estos alrededor de 125 kg. La situación en el buque será, por un lado la componente longitudinal, que se encontrará entre la perpendicular de popa y la proa de la cámara de máquinas y por otro, la componente vertical, dónde supondremos que los tripulantes se encuentran en la cubierta principal, luego:

$$X = \frac{Lap + Ler}{2}$$

$$Z = D$$

- Agua Dulce

Se dispondrá de tanques con una capacidad total de 150 litros por persona y día, más un 10 % de margen de seguridad. Su estimación inicial consistirá en colocar estos tanques en una situación desfavorable. Luego:

$$K = \frac{(Ddf + D)}{2}$$

- Víveres

La estimación hecha para el consumo de víveres es de 5 kilogramos por persona y día, dónde además ha de ser considerado el margen del 10 % para situación imprevista. Su centro de gravedad se encontrará en la superestructura:

$$X = \frac{Lap + Ler}{2}$$

$$Z = D$$

○ Carga y lastre

La carga y el lastre se definen como la diferencia entre el peso muerto y la suma de todos los pesos considerados hasta ahora. Puesto que el objetivo perseguido por el buque es transportar carga de un punto a otro, la cantidad de lastre con la que contará el buque será la mínima para garantizar una navegación segura y cómoda.

El peso medio por TEU será estimado en 13 toneladas, estando su centro de gravedad situado a una altura del 45 % del puntal del contenedor. Dependiendo su posición respecto al buque del lugar ocupado por el propio contenedor en el buque.

La altura del centro de gravedad del lastre será la mitad de la suma de altura del doble fondo por un lado, y por otro la mitad de la altura del puntal, puesto que también habrá tanques de lastre en el doble casco. Con objeto de simplificar cálculos, en una primera aproximación se considerará que la capacidad de los tanques situados en el doble fondo y en el doble casco es la misma, luego:

$$Zg = \frac{Ddf + D}{4}$$

La posición longitudinal de estos tanques permitirá el correcto trimado del buque por lo que han de estar situados a lo largo de toda la eslora del buque.

4.12 Cálculo preliminar de la estabilidad

La estimación de la estabilidad se realiza mediante el uso de fórmulas aproximadas que permitan obtener la posición del metacentro del buque y de los centros de gravedad del peso en rosca y del peso muerto.

Así se obtiene la altura metacéntrica (GM) que gobierna la estabilidad del buque. Debido a la simplificación de los cálculos llevados a cabo, todos estos valores serán

aproximados, pero tienen gran utilidad para comparar entre las distintas alternativas [Ref 6].

$$GM = KM - KG$$

Puesto que:

$$KM = KB + BM$$

Por lo que:

$$GM = KB + BM - KG$$

KB y BM se obtienen:

$$KB = C_1 \cdot T$$

$$BM = \frac{C_2 \cdot B^2}{12 \cdot CB \cdot T}$$

Dónde las constantes C_1 y C_2 valen:

$$C_1 = 0,45 \cdot \left(\frac{Cb}{Cf}\right)^2 - 0,8324 \cdot \left(\frac{Cb}{Cf}\right) + 0,9912$$

$$C_2 = 0,64 \cdot Cf^2 + 0,4744 \cdot Cf - 0,09955$$

Y KG viene dado por:

$$KG = \frac{PM \cdot Z_{PM} + PR \cdot Z_{PR}}{PR + PM}$$

Dónde:

$$Z_{PR} = 0,642 \cdot D + 1,02$$

	GM
Alternativa 1	0,97
Alternativa 2	6,27
Alternativa 3	3,65

Alternativa 4	3,49
Alternativa 5	
Alternativa 6	2,02
Alternativa 7	2,47
Alternativa 8	

4.13 Elección de las alternativas.

Una vez definidas todas las alternativas, se establecerán unas preferencias para determinar cuál de ellas es la más apropiada. El primer criterio es que la alternativa elegida ha de cumplir la estabilidad requerida. De la tabla anterior se comprueba que son la 2ª, 3ª y 6ª las que presentan un mayor valor del GM.

En segundo lugar será determinante el consumo, y por ello se desprende que la que la alternativa que requiere una menor potencia para alcanzar la velocidad de servicio es la 6ª. Permitiendo de esta manera abaratar los costes de explotación.

Además esta es, de entre todas las alternativas la que permite transportar un mayor porcentaje de contenedores cargados, con un 76 % del total.

En lo referente a los coeficientes de formas, es conveniente aumentar el valor del coeficiente de la maestra, por un lado por las necesidades constructivas y por otro lado, esto aproximará este valor al de los coeficientes de la maestra encontrados en la base de datos.

A su vez, al aumentar el valor del coeficiente de la maestra el coeficiente prismático disminuirá su valor.

- Resultados preliminares de la alternativa:

Eslora	183,3 m
Manga	27,8 m
Puntal	16,9 m
Calado	8,903 m
Peso en rosca	10463 t
Peso muerto	21000 t
Cb	0,68
Cm	0,968
Cp	0,702

Cf	0,817
Velocidad de servicio	22 kn
MCR	29442 Hp
Contenedores bajo cubierta	874
Contenedores sobre cubierta	877
Contenedores cargados	76 %

5. Posición longitudinal del C.D.G. del peso en rosca.

Este valor se calcula mediante la fórmula propuesta por el Sr. Meizoso:

$$X_{PR} = 0,416 \cdot L$$

Siendo la abscisa la considerada desde la perpendicular de popa. Siendo:

$$X_{PR} = 76,47 \text{ m}$$

En lo referente a la carga, se considerará la carga distribuida uniformemente en cada contenedor, quedando los contenedores de la última fila cargada libres para poder corregir el trimado.

Sin la consideración de esta fila, la posición del centro de gravedad de la carga es:

$$X_{carga} = 108,5 \text{ m}$$

Y la última fila permite el desplazamiento del centro de gravedad de la carga entre:

$$X_{carga} = [105,6 - 109,0]$$

Luego la posición del centro de gravedad del buque, a su vez también podrá variar, pero con un margen menor. Esto permitirá una cierta tolerancia a la hora de situar los tanques tanto de lastre como de combustible.

$$C.D.G \text{ Buque} = [91,57 - 93,54]$$

La posición longitudinal del centro de flotación es:

$$X_{cf} = 92,6 \text{ m}$$

Esta diferencia existente entre la posición del X_{cf} y del C.D.G puede ser corregida mediante un correcto lastrado.

ALTERNATIVA 6

Nivel	Teu's	\sum Teu's	Teu's·Nivel	Peso/Teu	Peso·Nivel	Zg	Peso·Zg
11	106	1294	0	13	0	25,7	0
10	176	1294	0	13	0	23,3	0
9	205	1294	86	13	1118	20,9	23336
8	215	1208	219	13	2847	18,4	52485
7	215	989	215	13	2795	16,0	44712
6	176	774	176	13	2288	15,2	34702
5	168	598	168	13	2184	12,7	27800
4	156	430	156	13	2028	10,3	20870
3	150	274	150	13	1950	7,9	15314
2	124	124	124	13	1612	5,4	8729
1	100	100	100	13	1300	3,0	3870

6. Cálculo del francobordo geométrico

El francobordo se calculará de acuerdo al Reglamento del Convenio Internacional sobre Líneas de carga de 1966.

- Cubierta de francobordo

Se tomará como cubierta de francobordo la cubierta principal.

- Puntal de trazado

Distancia vertical desde el canto alto de la quilla hasta el canto alto del bao de la cubierta de francobordo en el costado, en el buque en proyecto:

$$D = 16,60 \text{ m.}$$

- Puntal de francobordo

Es el puntal de trazado en el centro del buque más el espesor de la chapa de trancanil de la cubierta de francobordo, en este caso suponemos que es de 30 mm, por tanto

$$D = 16,90 \text{ m.}$$

- Eslora de francobordo

96% de la eslora total en una línea de flotación situada a una distancia de la quilla igual al 85% del puntal mínimo de trazado o la eslora desde la cara de proa de la roda hasta el eje de la mecha del timón en dicha flotación, si esta última fuera mayor. En este momento del proyecto tomamos la eslora entre perpendiculares.

$$L=183,3 \text{ m}$$

- Manga

Manga máxima del buque medida en el centro del mismo, en el punto medio de la eslora L, y hasta la línea de trazado de la cubierta.

$$B = 27,8$$

- Coeficiente de bloque

El coeficiente de bloque tiene un valor:

$$C_b = 0,68$$

- Francobordo tabular:

El buque es de tipo B, por lo que entrando en las tablas correspondientes con la eslora de francobordo, se obtiene por interpolación lineal que:

$$FB = 2977 \text{ mm}$$

- Correcciones al francobordo tabular.

- o Corrección por coeficiente de bloque.

Deberá corregirse el francobordo tabular si el coeficiente de bloque es mayor de 0,68. Como el coeficiente de bloque tiene ese valor no hay que llevar a cabo ninguna corrección.

- o Corrección por puntal

Debe aplicarse si en puntal del buque excede de $L/15$, lo que ocurre en nuestro caso, por lo que aplicamos una corrección de:

$$C_3 = \frac{D - L}{15} 250$$

$$C_3 = 1118 \text{ mm}$$

- o Corrección por superestructuras

Si la longitud de la superestructura es igual a la eslora del buque, se aplica al francobordo una corrección sustractiva de 1070 mm. Si la longitud de las superestructuras es menor que la eslora del buque, a la deducción anterior se le aplica un porcentaje de corrección de 5 %.

Se deberá aplicar una corrección si la longitud del castillo es menor del 7 % de la eslora. Viendo la base de datos todos los buques

portacontenedores superan este valor, siendo el mismo valor cercano al 15 % de la eslora total. Con todo esto la corrección será:

$$C_4 = 54 \text{ mm}$$

- Corrección por arrufo

El convenio 1966 define una línea estándar del arrufo de la cubierta de francobordo. Si la línea de arrufo real encierra un área con la horizontal a nivel del puntal del buque, menor que la encerrada por la línea de arrufo estándar se aplica una corrección aditiva definida por [Ref 3]:

$$C_5 = \left(1 - \frac{A}{100}\right) (4,168 \cdot L + 125) \cdot \left(0,75 - \frac{E}{2 \cdot L}\right)$$

Dónde A es el porcentaje del área de la curva real de arrufo respecto al área de la curva estándar.

Debido a la necesidad de estibar contenedores en cubierta, ésta se diseña con un arrufo nulo. Por ello debemos realizar una corrección por arrufo. Además en este caso, al ser el arrufo nulo, el valor del coeficiente A será también nulo, por tanto:

$$C_5 = 667 \text{ mm}$$

- Francobordo geométrico de verano.

$$FB = 2977 + 1118 - 54 + 667 = 4708 \text{ mm}$$

7. Acrónimos

Lpp	Eslora entre perpendiculares
Lap	Eslora del piqué de proa
Ler	Eslora de la cámara de máquinas
Lfp	Eslora del piqué de popa
Lc	Eslora bodega de carga
NCSC	Contenedores sobre cubierta
NCHO	Contenedores bajo cubierta
NCHOB	Contenedores bajo cubierta en manga
NCHOD	Contenedores bajo cubierta en puntal
NCHOL	Contenedores bajo cubierta en eslora
KBOD	Coeficiente de aprovechamiento de bodega
NCSCD	Contenedores sobre cubierta en puntal
NCSCB	Contenedores sobre cubierta en manga
NCSCS	Contenedores sobre cubierta en eslora
Bc	Manga de cada contenedor
Bcc	Huelgo en manga entre dos contenedores
Db	Altura de brazola
Ddf	Altura doble fondo
Dfc	Huelgo entre primer contenedor y doble fondo
Dcc	Huelgo entre contenedores
Dflex	Altura entre contenedores y tapa de la escotilla
Dcon	Puntal contenedores
PR	Peso en rosca
Δ	Desplazamiento
Fr	Número de Froude
PB	Potencia estimada mediante al fórmula de Watson
N	Revoluciones por minuto
K	Constante fórmula Alexander
BHP	Caballos de vapor al freno
GM	Altura metacéntrica
KM	Posición vertical del metacentro
KB	Posición vertical del centro de carena
KG	Posición vertical del centro de gravedad

Apéndice

Base de datos

Datos Principales

NOMBRE	L (m)	B (m)	D (m)	T (m)	PM (T)	PR (T)	TEU	DIS (T)
ZIM HONG KONG	224,5	32,2	18,8	10,5	37865	15199	2402	
JORK	147	23,5	12,8	8,3	11870	4882	1122	
NUEVO LEON	191	32,2	19,4	11	29256	12677	2396	41933
MUSCAT BAY	172	28,4	15,6	10,1	23850	8515	1742	32365
NADIR	164,2	28,2	16,8	9,7	18000	8151	1617	
TRADE SOL	191,96	30,6	18,5	9,95	31470	11607	2386	
R J PFEIFFER	205,15	32,2	20,26	10,51	21500	13904	2292	35404
CANMAR FORTUNE	204	32,2	18,8	11,3	33800	12192	2268	
GANTA BHUM	141,2	25	13,6	9	15027	5349	1228	
NEDLLOYD AMAZONA	172,72	29,8	15,6	10,1	23793	8759	2061	
HANJIN ZENOA	190	32	19	11	29800	10088	2500	
OOCL CANADA	203,8	32,2	19	10,7	33640	11450	2330	
KOTA WIJAYA	174	27,6	14	9,02	20755	8062	1186	
NEDLLOYD RIVER PLATE	158	27,2	13,8	8,75	19762	7007	1444	26769
WESTERDEICH	156	26,7	14,4	10,81	22300	7310	1572	29610
PEGASUS	180,2	28,2	16,8	11,5	29300	9217	1835	
SAN LORENZO	156	27,4	13,2	8,8	17205	6992	1512	24197
PATRICIA RICKMERS	185,6	30,2	16,6	10,5	28274	11463	2202	39737
MUKADDES KALKAVAN	136,8	22,7	11,3	7,8	12292	5434	1147	17726
SAFMARINE CUNENE	199,95	29,8	16,7	10,1	27900	11139	2490	
CECILIE MAERSK	180,15	27,8	15,23	8,25	19530	8504	1879	
NORASIA SULTANA	198,74	26,66	18,95	8,7	11031	10231	1425	21262
SEA-LAND ARGENTINA	196	29,8	16,4	10,2	27290	11360	2446	38650
ANNE SIBUM	142,35	23,4	11,75	8	13030	4398	1000	
Ruiloba	143,8	24,8	14	9,5	14468	9910	1200	24378
KOTA PEKARANG	210	30	16,8	12,22	39270	12018	2824	

Datos Adimensionales

NOMBRE	LPP*B*D	LPP/B	B/T	D/T	D/B	LPP/D	CB
ZIM HONG KONG	135903	6,97	3,07	1,79	0,58	11,94	
JORK	44218	6,26	2,83	1,54	0,54	11,48	
NUEVO LEON	119314	5,93	2,93	1,76	0,6	9,85	0,6
MUSCAT BAY	76203	6,06	2,81	1,54	0,55	11,03	0,64
NADIR	77791	5,82	2,91	1,73	0,6	9,77	
TRADE SOL	108669	6,27	3,08	1,86	0,6	10,38	
R J PFEIFFER	133834	6,37	3,06	1,93	0,63	10,13	0,5
CANMAR FORTUNE	123493	6,34	2,85	1,66	0,58	10,85	
GANTA BHUM	48008	5,65	2,78	1,51	0,54	10,38	
NEDLLOYD AMAZONA	80294	5,8	2,95	1,54	0,52	11,07	
HANJIN ZENOA	115520	5,94	2,91	1,73	0,59	10	
OOCL CANADA	124685	6,33	3,01	1,78	0,59	10,73	
KOTA WIJAYA	67234	6,3	3,06	1,55	0,51	12,43	
NEDLLOYD RIVER PLATE	59307	5,81	3,11	1,58	0,51	11,45	0,69
WESTERDEICH	59979	5,84	2,47	1,33	0,54	10,83	0,64
PEGASUS	85372	6,39	2,45	1,46	0,6	10,73	
SAN LORENZO	56422	5,69	3,11	1,5	0,48	11,821	0,63
PATRICIA RICKMERS	93045	6,146	2,9	1,6	0,5	11,18	0,45
MUKADDES KALKAVAN	35091	6,03	2,91	1,45	0,5	12,11	0,71
SAFMARINE CUNENE	99507	6,71	2,95	1,65	0,56	11,97	
CECILIE MAERSK	76274	6,48	3,37	1,85	0,55	11,83	
NORASIA SULTANA	100405	7,45	3,06	2,18	0,71	10,49	0,45
SEA-LAND ARGENTINA	95789	6,577	2,9	1,6	0,6	11,95	0,45
ANNE SIBUM	39139	6,08	2,93	1,469	0,502	12,11	
Ruiloba	49927	5,80	2,61	1,474	0,565	10,27	0,48
KOTA PEKARANG	105840	7,00	2,45	1,375	0,560	12,50	

Datos Sistema Propulsor

NOMBRE	VELOCIDAD	FR	VS/LPP*0,5	RPM	D	HELICE/T	BHP	BHP SERVIVO
MUSCAT BAY	18,7	0,23	1,43	115	6,1	0,6	15714	13357
R J PFEIFFER	22,5	0,26	1,57	88	7,8	0,74	33680	303012
ZIM HONG KONG	21	0,23	1,4	98	7,6	0,72	29524	25095
TRADE SOL	19,5	0,23	1,41	88	7	70	36381	32743
NUEVO LEON	20	0,24	1,45	91	7,9	0,72	26762	24086
CANMAR FORTUNE	19,9	0,23	1,39	97	7,7	0,68	28490	24216
GANTA BHUM	19	0,26	1,6	123	5,9	0,66	16707	11036
HANJIN ZENOA	22	0,26	1,6	100	7,3	0,66	34040	27576
JORK	19,89	0,27	1,64	135	5,1	0,61	14857	13371
NEDLLOYD AMAZONA	20	0,25	1,52	105	6,2	0,61	16653	14155
OOCL CANADA	20	0,23	1,4	93	7,8	0,73	28020	23817
NADIR	21	0,27	1,64	108	6,8	0,7	23401	21061
WESTERDEICH	20	0,26	1,6	113	6,2	0,57	17687	15918
SAN LORENZO	19,5	0,26	1,56	100	6,6	0,75	16800	14280
PEGASUS	21	0,26	1,56	108	6,8	0,59	23401	
KOTA WIJAYA	19,1	0,24	1,45	100	6,6	0,73	14400	
MUKADDES KALKAVAN	19,25	0,27	1,65	123	5,6	0,72	15600	
CECILIE MAERSK	19	0,23	1,42	120,7	5,85	0,71	15520	14278
NEDLLOYD RIVER PLATE	19,36	0,25	1,54	105	6,5	0,74	16680	15010
SAFMARINE CUNENE	22	0,26	1,56	99	7	0,69	21500	19350
NORASIA SULTANA	25,1	0,29	1,78	95	7	0,8	24000	
SEA-LAND ARGENTINA	21	0,25	1,5	97	7,1	0,7	24429	21986
PATRICIA RICKMERS	20,5	0,25	1,5	95	7,45	0,71	20870	17740
ANNE SIBUM	19	0,50	1,55		5,600		15623	
Ruiloba	19	0,50	1,56	113,000	5,800	0,61	10395	
KOTA PEKARANG	23	0,51	1,60	104,000	7,200	0,59	19075,22	

Datos de Carga

NOMBRE	NCSC	NCHO	NCHO (%)	NCHOB	NCHOD	NCHOL	KBOD	NCSCD	NSB	NSL	KCUB	Lastre (T)
ZIM HONG KONG	1018	1380	57,45	10	7	25	0,79	3	13	27	0,97	13251
JORK	668	454	40,46	8	5	14	0,81	5	9	17	0,87	4743
NUEVO LEON	1244	1152	48,08	11	7	20	0,75	5	13	22	0,87	16063
MUSCAT BAY	948	794	45,58	9	6	18	0,82	5	11	20	0,86	8510
NADIR				9	6	16		6	11	18		10900
TRADE SOL												12650
R J PFEIFFER				10	7	21		4	11	23		14670
CANMAR FORTUNE	1222	1046	46,12	11	7	22	0,62	4	13	24	0,98	14170
GANTA BHUM	802	426	34,69	8	5	14	0,76	5	13	23	0,94	12500
NEDLLOYD AMAZONA	1195	866	42,02	10	6	18	0,8	6	12	20	0,83	9165
HANJIN ZENOA	1400	1100	44	11	7	20	0,71	5	13	23	0,94	12500
OOCL CANADA	1138	1192	51,161	10	7	22	0,77	4	13	24	0,91	13500
KOTA WIJAYA				8	5	18		3	9	21		5810
NEDLLOYD RIVER PLATE	739	606	41,97	9	5	16	0,84	4	11	21	0,8	
WESTERDEICH												6280
PEGASUS			9	6			6	6				12600
SAN LORENZO	924	588	38,89	9	5	16	0,82	5	11	18	0,93	
PATRICIA RICKMERS	1332	870	39,51	10	6	18	0,81	6	12	22	0,84	8747
MUKADDES KALKAVAN	714	433	37,75									
SAFMARINE CUNENE	1532	958	38,47	10	6	20	0,8	6	12	23	0,93	11200
CECILIE MAERSK				9	5	19		5	11	22		10824
NORASIA SULTANA					6	23		3	9	23		5691
SEA-LAND ARGENTINA				10	6	20		6	12	23		10749

ESLORA

DIMENSIONES CONTENEDORES

Lbc	0,118
Lcon	6,058
Lcc	0,1
LMRO	2,1

DIMENSIONES ESPACIOS BUQUE

Lap	11,4
Lfp	11,4
Ler	24,4
LTOTAL	47,2

VARIABLE QUE INFLUYE EN Lpp

NCHOL	17
NCHOL	18
NCHOL	19
NCHOL	20

	Lc (m)	Lpp (m)
Alternativa 1	128,9	176,1
Alternativa 2	128,9	176,1
Alternativa 3	128,9	176,1
Alternativa 4	121,6	168,8
Alternativa 5	136,1	183,3
Alternativa 6	136,1	183,3
Alternativa 7	143,4	190,6
Alternativa 8	136,1	183,3

NOTA:

$$Lc = (Lbc + Lcon + Lcc + Lcon + Lbc) \cdot \frac{NCHOL}{2} + LMRO \cdot \left(\frac{NCHOL}{2} - 1 \right)$$

$$Lpp = Lap + Ler + Lfp + Lc$$

Manga

Dimensiones contenedores

Bc	2,438
Bcc	0,1

Variables ecuación

NCHOL	17
NCHOL	18
NCHOL	19
NCHOL	20
NCSCB	10
NCSCB	11
NCSCB	12

	B (m)
Alternativa 1	25,3
Alternativa 2	30,4
Alternativa 3	27,8
Alternativa 4	27,8
Alternativa 5	25,3
Alternativa 6	27,8
Alternativa 7	25,3
Alternativa 8	27,8

Nota:

$$B = B_c \cdot NCSCB + B_{cc} \cdot (NCHOL - 1)$$

Puntal

Dimensiones contenedor

Db	0,25
Ddf	1,8
Dfc	0,08
Dcon	2,438
Dcc	0,025
Dflex	0,5

Variables ecuación

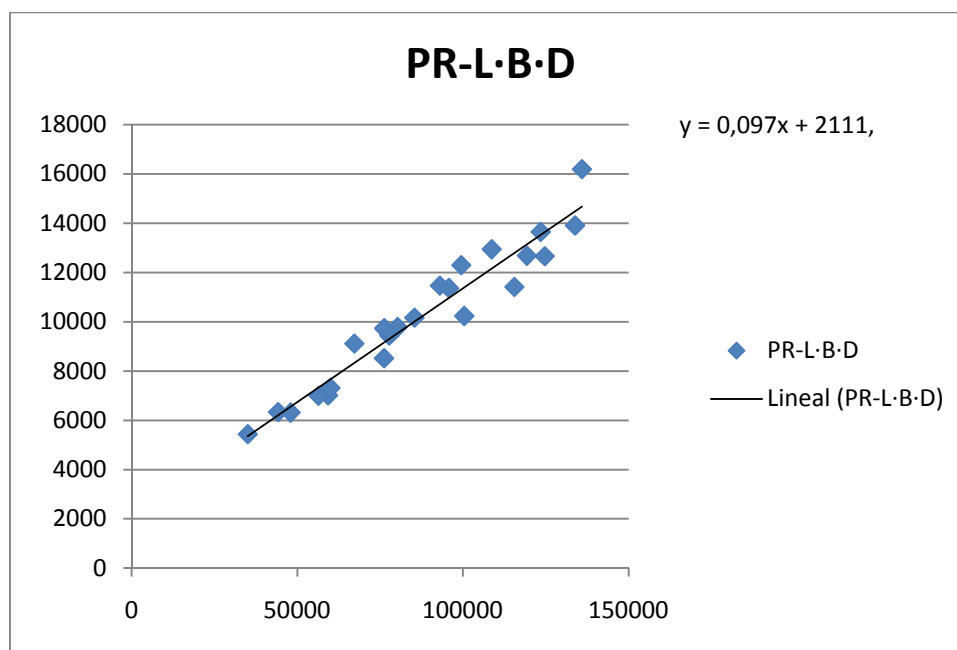
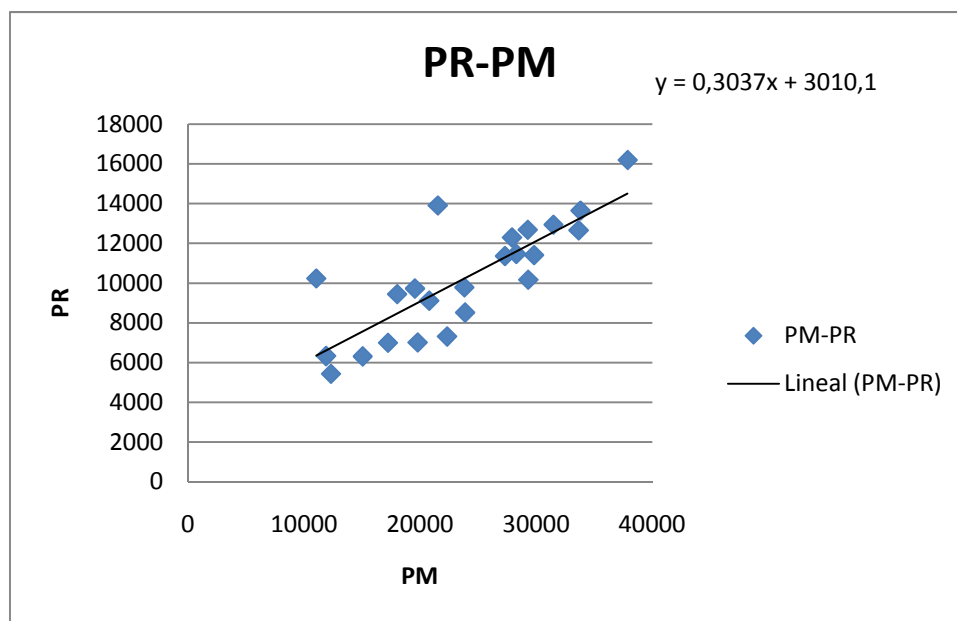
NCHOD	5
NCHOD	6

	D (m)
Alternativa 1	16,9
Alternativa 2	16,9
Alternativa 3	16,9
Alternativa 4	16,9
Alternativa 5	14,4
Alternativa 6	16,9
Alternativa 7	16,9
Alternativa 8	14,4

Nota:

$$D + Db = Ddf + Dfc + NCHOD \cdot Dcon + (NCHOD - 1) \cdot Dcc + Dflex$$

Peso en Rosca



	Lpp (m)
Alternativa 1	176,068
Alternativa 2	176,068
Alternativa 3	176,068
Alternativa 4	168,792
Alternativa 5	183,344
Alternativa 6	183,344
Alternativa 7	190,62
Alternativa 8	183,344

	B (m)
Alternativa 1	25,28
Alternativa 2	30,356
Alternativa 3	27,818
Alternativa 4	27,818
Alternativa 5	25,28
Alternativa 6	27,818
Alternativa 7	25,28
Alternativa 8	27,818

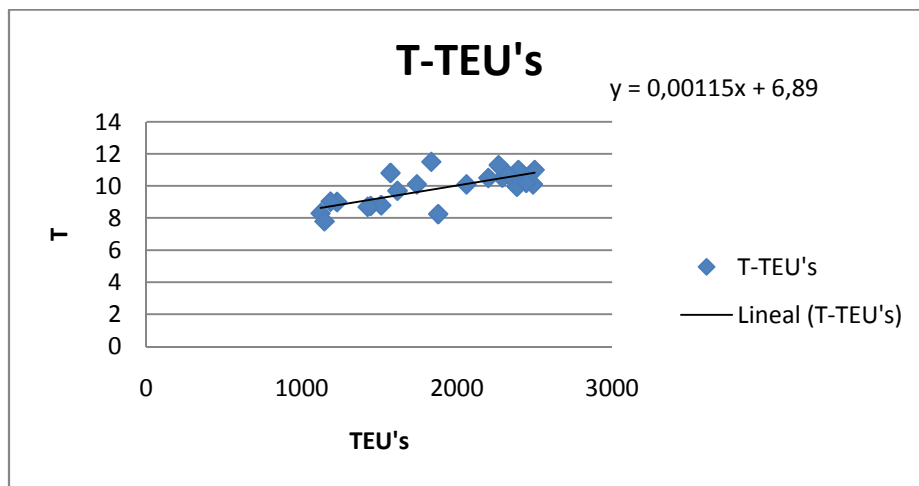
	Lpp·B·D (m)
Alternativa 1	75146,2
Alternativa 2	90234,9
Alternativa 3	82690,6
Alternativa 4	79273,4
Alternativa 5	66835,8
Alternativa 6	86107,7
Alternativa 7	81357,0
Alternativa 8	73545,8

	D (m)
Alternativa 1	16,883
Alternativa 2	16,883
Alternativa 3	16,883
Alternativa 4	16,883
Alternativa 5	14,42
Alternativa 6	16,883
Alternativa 7	16,883
Alternativa 8	14,42

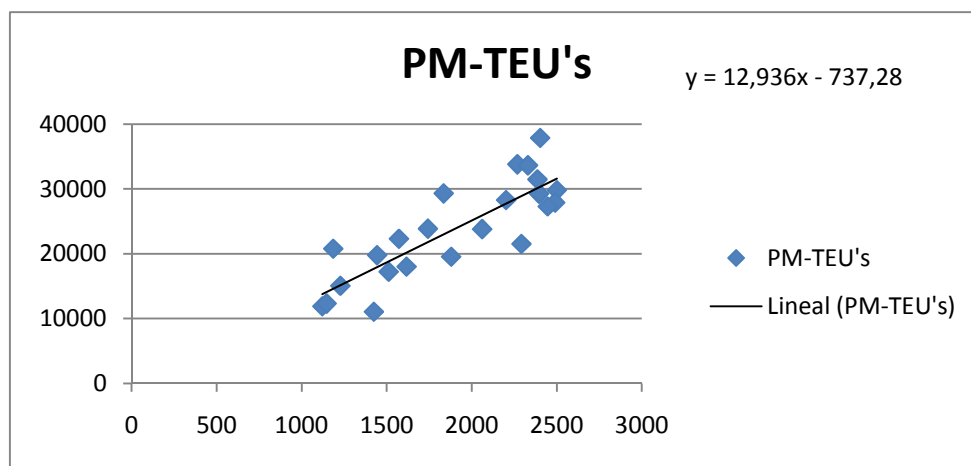
	PR
Alternativa 1	9400,2
Alternativa 2	10863,8
Alternativa 3	10132,0
Alternativa 4	9800,5
Alternativa 5	8594,1
Alternativa 6	10463,5

Alternativa 7	10002,6
Alternativa 8	9244,9

Cb



T	8,9025
---	--------



PM	21000
----	-------

	Cb
Alternativa 1	0,75
Alternativa 2	0,65
Alternativa 3	0,70
Alternativa 4	0,72

Alternativa 5	0,70
Alternativa 6	0,68
Alternativa 7	0,71
Alternativa 8	0,65

Cm

v	22
g	9,8

	FrN
Alternativa 1	0,5294
Alternativa 2	0,5294
Alternativa 3	0,5294
Alternativa 4	0,5406
Alternativa 5	0,5187
Alternativa 6	0,5187
Alternativa 7	0,5087
Alternativa 8	0,5187

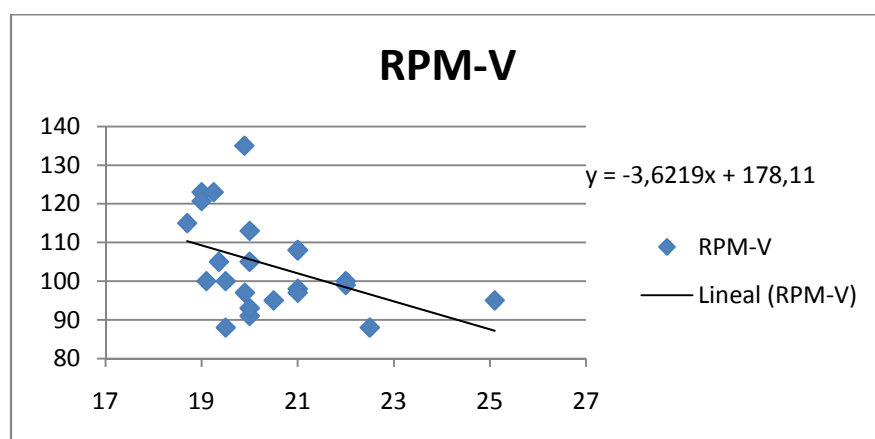
	Cm
Alternativa 1	0,963
Alternativa 2	0,963
Alternativa 3	0,963
Alternativa 4	0,962
Alternativa 5	0,963
Alternativa 6	0,963
Alternativa 7	0,964
Alternativa 8	0,963

Propulsión

Determinación del coeficiente K

K: $C_b + 0,5 \cdot V / (3,28 \cdot L_{pp})$

	K
Alternativa 1	1,21
Alternativa 2	1,11
Alternativa 3	1,15
Alternativa 4	1,19
Alternativa 5	1,15
Alternativa 6	1,12
Alternativa 7	1,14
Alternativa 8	1,10



RPM	98,438
-----	--------

	PB(85%MCR)	MCR(corregido)	BHP
Alternativa 1	38262	31343	36874
Alternativa 2	29918	24507	28832
Alternativa 3	32963	27002	31767
Alternativa 4	36195	29650	34882
Alternativa 5	31250	25599	30116
Alternativa 6	30551	25026	29442
Alternativa 7	31861	26099	30705

Alternativa 8	28042	22971	27025
---------------	-------	-------	-------

NOTA

$$PE = \frac{0,889 \cdot V^{2/3} \cdot (40 - \frac{L_{pp}}{61} + 400 \cdot (k - 1)^2 - 12 \cdot C_b}{15000 - 1,81 \cdot N \sqrt{L_{pp}}} \cdot V^{1/3}$$

Consumos

Autonomía: 12000 millas al 90 % MCR

Velocidad de cada alternativa al 90 %

	PB 90%	V 90% MCR
Alternativa 1	40644	25,4
Alternativa 2	31780	25,6
Alternativa 3	35015	25,5
Alternativa 4	38448	25,5
Alternativa 5	33195	25,2
Alternativa 6	32452	25,6
Alternativa 7	33844	25,5
Alternativa 8	29788	25,4

Horas de autonomía:

	Tiempo
Alternativa 1	472,75
Alternativa 2	467,84
Alternativa 3	470,26
Alternativa 4	471,38
Alternativa 5	475,59
Alternativa 6	469,16
Alternativa 7	470,70
Alternativa 8	473,29

	Combustible
Alternativa 1	3382
Alternativa 2	2617
Alternativa 3	2898
Alternativa 4	3190
Alternativa 5	2779
Alternativa 6	2680
Alternativa 7	2804
Alternativa 8	2481

Cálculo preliminar de la estabilidad

Cálculo de calados en función del coeficiente de bloque

	T
Alternativa 1	8,903
Alternativa 2	8,903
Alternativa 3	8,903
Alternativa 4	8,903
Alternativa 5	8,903
Alternativa 6	8,903
Alternativa 7	8,903
Alternativa 8	8,903

$$KB = C_1 \cdot T$$

$$C_1 = 0,45 \cdot \left(\frac{Cb}{Cf}\right)^2 - 0,824 \cdot \left(\frac{Cb}{Cf}\right) + 0,9912$$

	C1	KB
Alternativa 1	0,70	6,25
Alternativa 2	0,72	6,45
Alternativa 3	0,71	6,36
Alternativa 4	0,71	6,31
Alternativa 5	0,71	6,35
Alternativa 6	0,72	6,40
Alternativa 7	0,71	6,34
Alternativa 8	0,73	6,46

$$BM = \frac{C_2 \cdot B^2}{12 \cdot CB \cdot T}$$

$$C_2 = 0,54 \cdot Cf^2 + 0,4744 \cdot Cf - 0,09955$$

	C2	BM
Alternativa 1	0,82	6,59

Alternativa 2	0,77	10,12
Alternativa 3	0,79	8,25
Alternativa 4	0,81	8,13
Alternativa 5	0,79	6,80
Alternativa 6	0,78	8,36
Alternativa 7	0,80	6,77
Alternativa 8	0,76	8,52

$$KG = \frac{PM \cdot Z_{PM} + PR \cdot Z_{PR}}{PR + PM}$$

Llevando a cabo el desglose:

$$Z_{PR} = 0,642 \cdot D + 1,02$$

	Kpr
Alternativa 1	11,86
Alternativa 2	11,86
Alternativa 3	11,86
Alternativa 4	11,86
Alternativa 5	10,28
Alternativa 6	11,86
Alternativa 7	11,86
Alternativa 8	10,28

Kpm

	Combustible
Alternativa 1	9,34
Alternativa 2	9,34
Alternativa 3	9,34
Alternativa 4	9,34
Alternativa 5	8,11
Alternativa 6	9,34
Alternativa 7	9,34
Alternativa 8	8,11

	Aceite
Alternativa 1	0,90
Alternativa 2	0,90
Alternativa 3	0,90
Alternativa 4	0,90
Alternativa 5	0,90
Alternativa 6	0,90
Alternativa 7	0,90
Alternativa 8	0,90

	E. Estiba
Alternativa 1	0,90
Alternativa 2	0,90
Alternativa 3	0,90
Alternativa 4	0,90
Alternativa 5	0,90
Alternativa 6	0,90
Alternativa 7	0,90
Alternativa 8	0,90

	C. y Pertrech
Alternativa 1	16,88
Alternativa 2	16,88
Alternativa 3	16,88
Alternativa 4	16,88
Alternativa 5	14,42
Alternativa 6	16,88
Alternativa 7	16,88
Alternativa 8	14,42

	Tripulacion
Alternativa 1	16,88
Alternativa 2	16,88
Alternativa 3	16,88
Alternativa 4	16,88
Alternativa 5	14,42
Alternativa 6	16,88
Alternativa 7	16,88
Alternativa 8	14,42

	A.Dulce
Alternativa 1	9,34
Alternativa 2	9,34
Alternativa 3	9,34
Alternativa 4	9,34
Alternativa 5	8,11
Alternativa 6	9,34
Alternativa 7	9,34
Alternativa 8	8,11

	Víveres
Alternativa 1	16,88
Alternativa 2	16,88
Alternativa 3	16,88
Alternativa 4	16,88
Alternativa 5	14,42
Alternativa 6	16,88
Alternativa 7	16,88
Alternativa 8	14,42

Alternativa 6

11	11	11	11	11	11	11	11	11	11											877	106	
11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11						176	
11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	7			205	
11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	7	5	5	215	
11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	7	5	5	215	
		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	8	4	4	176	
		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	8	8	6	4	2	168	
		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	8	6	6	4	2		156	
		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	8	8	4	4	4	2		150	
		6	6	10	10	10	10	10	10	10	8	8	6	6	2	2					874	124
		2	4	6	8	10	10	10	10	10	10	6	4	4	2	2	2					100
																				1751		

Buque Portacontenedores 1750 TEU's

Nivel	Teu's	Σ Teu's	Teu's·Nivel	Peso/Teu	Peso·Nivel	Zg	Peso·Zg
11	106	1294	0	13	0	25,7	0
10	176	1294	0	13	0	23,3	0
9	205	1294	86	13	1118	20,9	23336
8	215	1208	219	13	2847	18,4	52485
7	215	989	215	13	2795	16,0	44712
6	176	774	176	13	2288	15,2	34702
5	168	598	168	13	2184	12,7	27800
4	156	430	156	13	2028	10,3	20870
3	150	274	150	13	1950	7,9	15314
2	124	124	124	13	1612	5,4	8729
1	100	100	100	13	1300	3,0	3870
Lastre	1547				16822		
Carga	1750						
% Carga	0,74						

	kpm·consumos	kcarga	Klastre	Kpm
Alternativa 1	29457,88	218803,32	1136,043345	248261,20
Alternativa 2	23188,51	173649,76	2501,291932	196838,27
Alternativa 3	25494,85	193919,51	1467,738404	219414,36
Alternativa 4	27884,28	190639,32	2440,043535	218523,59
Alternativa 5	21298,30		0	21298,30
Alternativa 6	23705,26	227948,47	1547,485578	251653,73
Alternativa 7	24723,40	184323,93	2332,555775	209047,33
Alternativa 8	19181,87		0	19181,87

	KG
Alternativa 1	11,871
Alternativa 2	10,299
Alternativa 3	10,955
Alternativa 4	10,947
Alternativa 5	2,795
Alternativa 6	11,991
Alternativa 7	10,644
Alternativa 8	3,444

	GM
Alternativa 1	0,28
Alternativa 2	5,84
Alternativa 3	3,08
Alternativa 4	2,91
Alternativa 5	
Alternativa 6	2,02
Alternativa 7	1,79
Alternativa 8	

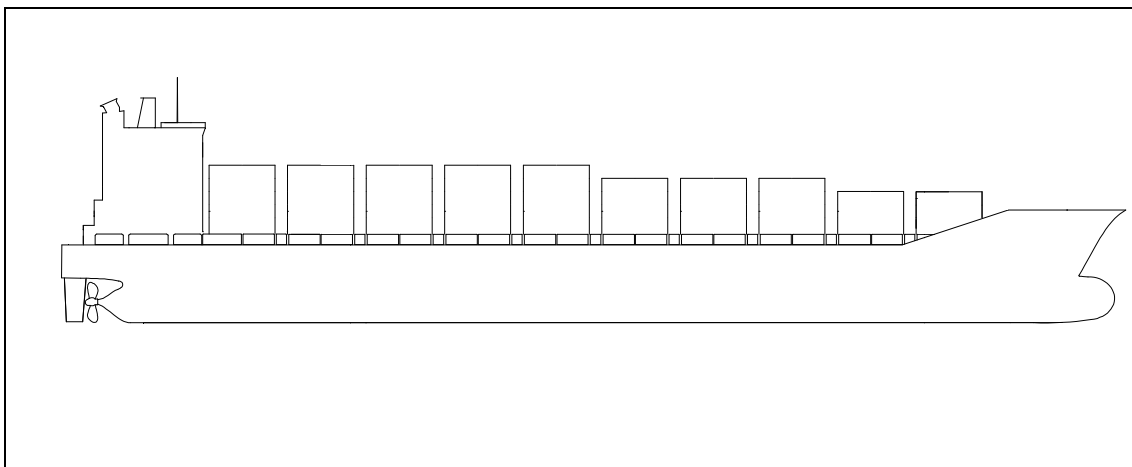
Porcentaje de la manga:

	0,05*B
Alternativa 1	1,26
Alternativa 2	1,52
Alternativa 3	1,39
Alternativa 4	1,39
Alternativa 5	
Alternativa 6	1,39
Alternativa 7	1,26
Alternativa 8	



Cuaderno 3

Formas



Portacontenedores 1750 TEUS

Proyecto Nº 012

Realizado por:

Ismael Fernández Gil

Especificaciones del proyecto

PROYECTO NÚMERO: CA5

TIPO DE BUQUE: Portacontenedores

CAPACIDAD DE CARGA: 1750 TEU's (120 refrigerados)

PESO MUERTO: 21000 TM

SOCIEDAD DE CLASIFICACIÓN: Lloyd's Register

REGLAMENTOS: Solas, Marpol, Convenio Líneas de carga

VELOCIDAD: 22 nudos al 85% MCR en pruebas

AUTONOMÍA: 12000 millas al 90% MCR y 15% de margen de mar

TRIPULACIÓN: 25 personas

Índice

1. Introducción.....	3
2. Definición de formas.....	4
3. Perfil de proa y popa.....	5
3.1 Proa.....	5
3.2 Popa.....	6
4. Influencia de la flotación.....	8
5. Caja de cuadernas.....	9
6. Curva de áreas.....	10
7. Validación de las formas.....	11
8. Acrónimos.....	15
9. Anexo.....	16

1. Introducción

El objetivo de este cuaderno es definir las formas del buque que hemos seleccionado entre las diferentes alternativas estudiadas en el cuaderno anterior, cuyos valores obtenidos fueron:

Eslora entre perpendiculares, Lpp	183,3 m
Manga, B	27,8 m
Calado de proyecto, T	8,9 m
Coeficiente de bloque, Cb	0,68
Coeficiente de la maestra, Cm	0,968
Coeficiente de flotación, Cf	0,817
Coeficiente prismático, Cp	0,702
Situación longitudinal centro de gravedad, Xcf	92,6 m
KM	14,7 m

Con estos valores se podrán definir las formas del buque, teniendo para ello los siguientes procedimientos:

- Series sistemáticas, a partir de una serie sistemática podemos obtener unas formas para el buque que estemos proyectando.
- Transformación de formas, transformando las formas de otro buque de características similares para adaptarlas a las necesidades del buque definido en el cuaderno anterior.
- Generación de formas, definiendo la superficie del casco mediante el empleo de herramientas matemáticas.

Al definir las formas tendrá que haber un compromiso en cuanto a los principales parámetros utilizados en la definición de las mismas. De hecho, en buques portacontenedores es común que su velocidad sea alta por lo que las formas deberán ser finas lo que implica un coeficiente de bloque bajo, pero, por otro lado tienen que tener una gran capacidad de almacenamiento para los contenedores tanto en bodega como en cubierta.

2. Definición de las formas

Las formas, por tratarse de un buque mercante en el que la densidad de carga es baja, serán finas. Además la eslora y manga han de adaptarse a un número entero de contenedores.

Puesto que los valores principales de las dimensiones del buque se encontraban ya definidos, para establecer las formas ha bastado realizar una transformación de las formas de un buque base hasta conseguir que estas tengan las dimensiones y los coeficientes calculados.

A pesar de ello, algunos de los valores han sufrido alguna pequeña variación. Este es el caso del coeficiente de la flotación, cuyo valor final es algo mayor que el dado en el cuaderno de dimensionamiento. Por otro lado el calado también resulta mayor que el estimado inicialmente. Otro parámetro que ha de ser mencionado es la posición longitudinal del centro de carena, donde la salida del programa, que los cálculos empleados en el cuaderno anterior, pronostica que se encontrará 200 mm más hacia proa. El valor final del KMt es muy similar al valor esperado, siendo el primero 14,7 m, mientras que el valor que se esperaba obtener era de 14,8 m

3. Perfil de proa y popa

3.1 Proa

El perfil de proa de los portacontenedores se caracteriza por tener la proa lanzada y por la existencia de un bulbo. Además con el fin de poder cargar un mayor número de contenedores sobre cubierta se generarán las formas de tal modo que la proa tenga un abanico claro, y así poder tener mayor superficie útil en cubierta.

La proa además será lanzada favoreciendo de esta manera el flujo en la zona del abanico, permitiendo además aumentar la capacidad de carga.

La conveniencia o no de bulbo de proa siempre que no se cuente con estudios hidrodinámicos en canales de experiencias, puede ser estimada por una serie de coeficientes extrapolados de buques con características similares [Ref 5]:

$$0,65 < C_b < 0,815$$

$$5,5 < \frac{L}{B} < 7,0$$

$$C_b \cdot B/L < 0,135$$

Observando los datos obtenidos en el cuaderno anterior:

C _b	0,68
L/B	6,59
C _b · (B/L)	0,103

Se comprueba la conveniencia de un bulbo en proa, que producirá una disminución de la resistencia al avance. El origen de esta disminución de la resistencia, se produce al crear el bulbo una ola que está desfasada con la ola que produce el propio buque en su avance.

La instalación del bulbo de proa es justificada, a pesar de su elevado coste de producción, por la reducción de potencia instalada que causará. Por otro lado, al estar el bulbo situado en proa, zona del buque más propensa a recibir impactos tanto de

elementos flotantes como en las maniobra de atraque, incrementará así también el coste de mantenimiento del buque, debido a la complejidad en las reparaciones del mismo.

A pesar de estar en una fase tan temprana del proyecto, y el diseño final del bulbo dependerá de resultados de modelos, si se puede hacer una estimación de sus parámetros más significativos, como se muestra a continuación:

3.1.1 Altura del punto de protuberancia máxima.

Para este tipo de buques ha de cumplirse la relación siguiente [Ref 5]:

$$0,35 < \frac{H_x}{T} < 0,55$$

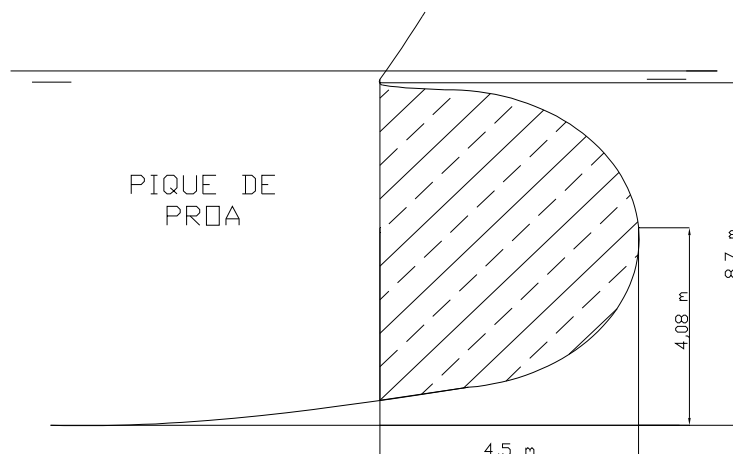
Luego un valor razonable de H_x estaría en torno a 4 m

i. Abscisa del punto de máxima protuberancia.

Para bulbos en plena carga y lastre, se puede calcular la posición de abscisa máxima mediante la expresión [Ref 5]:

$$X = \frac{X_c}{L_{pp}} = 0,2642 \cdot C_b \cdot \frac{B}{L_{pp}} - 0,0046$$

Resolviendo la ecuación anterior el punto de máxima protuberancia se ha de encontrar a 4,4 m.



3.2 Popa

Las formas de la popa deben de conseguir que el flujo de entrada de agua a la hélice sea lo más uniforme posible, para ello los ángulos de salida han de tener la menor curvatura posible, evitando así que se produzcan desprendimientos de la capa límite.

Por otro lado, en cuanto a la colocación de un bulbo de popa, si este tiene las dimensiones apropiadas, se consigue regularizar y uniformizar el flujo de agua a la entrada de la hélice, retrasando el desprendimiento de la capa límite, compensando con creces el incremento de resistencia, gracias principalmente al aumento del rendimiento propulsivo, al aumentar la distribución de estela. Como aspectos negativos, cabe destacar el aumento del coeficiente de succión, empeoramiento del rendimiento de carena y un aumento de la resistencia al avance.

Es también necesario tomar unas claras hélice-carena adecuadas. Las claras hélice-carena tienen una gran influencia en la excitación ejercida por las fluctuaciones de par y de empuje de la hélice, pudiendo ser motivo, en el caso de adoptarse claras insuficientes, de fuertes vibraciones transmitidas al casco y/o a la línea de ejes

4. Influencia de la flotación

Por tratarse de un buque relativamente rápido, este ha de contar con un cuerpo de entrada largo, pero deberá haber un compromiso al diseñar los finos de proa ya que la manga deberá ser la máxima posible para poder albergar los contenedores necesarios.

Por otro lado por tener el buque un número de Froude de valor intermedio la flotación en proa ha de ser ligeramente cóncava. El ángulo de entrada de la flotación tiene máxima importancia puesto que al aumentar este aumentan las perturbaciones pudiendo llegar a producir una ola rompiente que incrementará notablemente la resistencia viscosa, factores considerados al establecer las formas.

El diseño de la popa en la línea de flotación se ha buscado que sea ligeramente convexo de tal manera que el ángulo de salida sea menor de 20 °.

5. Caja de cuadernas

Puesto que las formas en U en proa tienden a producir fenómenos de slamming, se ha dado a las cuadernas de proa formas en V, que a pesar de tener un mayor coste de producción se considera necesario para garantizar una navegación cómoda y segura.

Las formas en U para popa son malas porque pueden producir torbellinos, lo cual no ocurre con las formas en V en las cuales el flujo de partículas discurre más perpendicularmente a las cuadernas. A pesar de ello, en las proximidades de la hélice las formas en V generan problemas de configuración de estela pudiendo llegar a producir problemas de vibraciones.

La solución adoptada ha sido llegar a una solución de compromiso, en la cual en la parte baja, más cercana al propulsor, la configuración de las cuadernas es en U, pasando después conforme van ganando en altura a configuración en V.

6. Curva de áreas

A pesar de obtenerse la curva de áreas como consecuencia de las modificaciones realizadas en el buque base para alcanzar los valores determinados en el primer cuaderno, se ha procurado en todo momento que tales modificaciones originasen en la misma las siguientes características:

- Partes rectas y definidas tanto a popa como a proa.
- En la zona de proa se ha procurado darle una concavidad acusada, que es especialmente recomendable si el barco lleva bulbo, como es el caso del buque en proyecto.
- Por tratarse de un buque rápido el cuerpo de entrada ha de ser largo.

En el anexo que acompaña al documento pueden observarse estas particularidades.

7. Validación de las formas

Como el coeficiente prismático varía de forma similar que el coeficiente de bloque, al ser el coeficiente prismático relativamente alto, tendremos la ventaja de tener menos resistencia por formación de olas, ya que al aumentar la velocidad la cresta de la ola se formará más a popa.

Una vez definidas las formas se procede a la comprobación de los siguientes requisitos.

- Instalación de la hélice. Las formas permiten la instalación de una hélice de alrededor de 10 m de diámetro, por lo que se considerará aceptables las dimensiones, puesto que existirá espacio suficiente para albergar la misma, cuyo tamaño rondará los 7 m de diámetro.

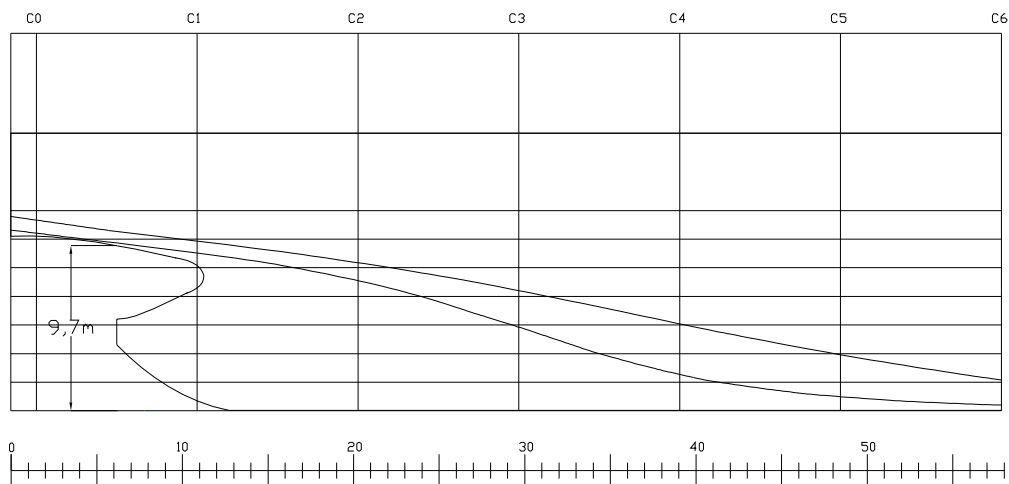


Ilustración 1

- Dimensiones cámara de máquinas.

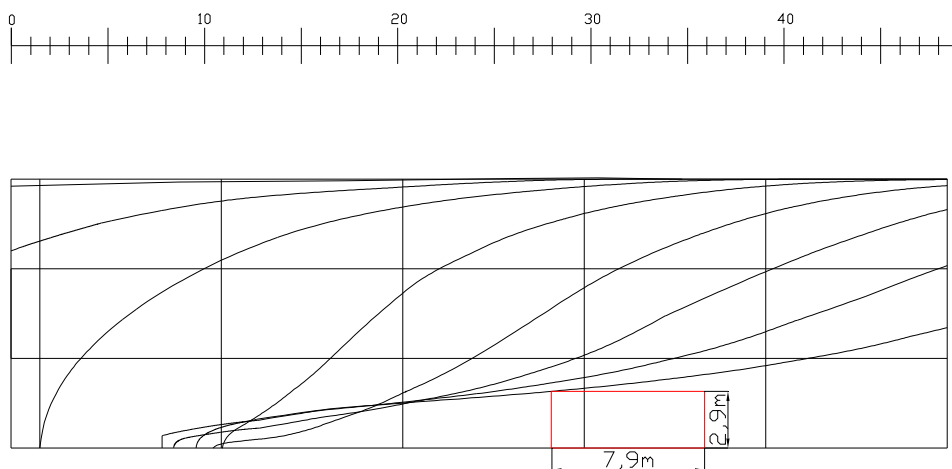


Ilustración 2

Como se puede apreciar en la imagen el buque es capaz de alojar en la cámara de máquinas un motor con unas dimensiones de entorno a 6 m de anchura y 8 m de longitud, no suponiendo además el puntal una limitación.

- Dimensión bodega de carga.

Haciendo una serie de comprobaciones se puede apreciar que la capacidad de carga de la bodega será suficiente para alojar el número de contenedores estimados en apartados anteriores.

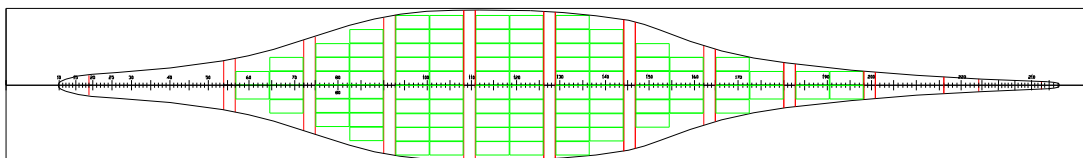


Ilustración 3 (Fila 1)

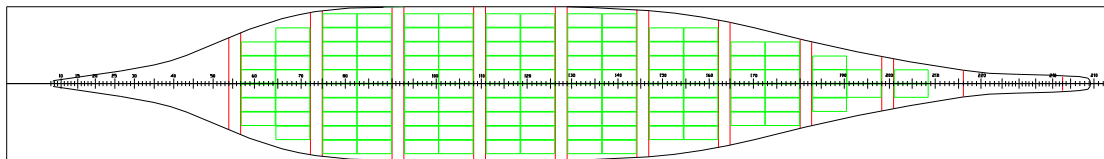


Ilustración 4 (Fila 2)

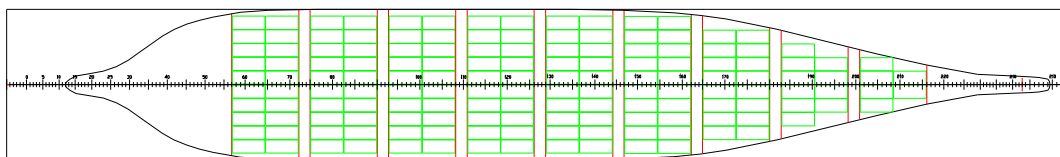


Ilustración 5 (Fila 3)

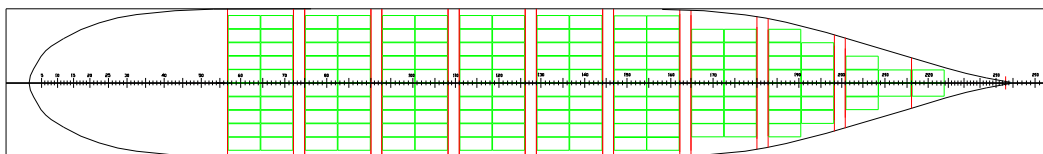


Ilustración 6 (Fila 4)

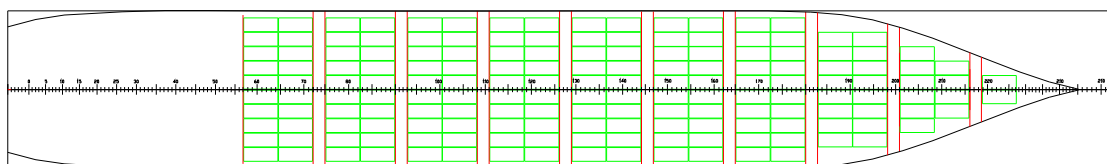


Ilustración 7 (Fila 5)

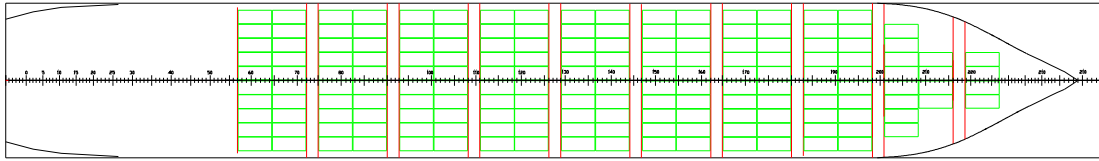


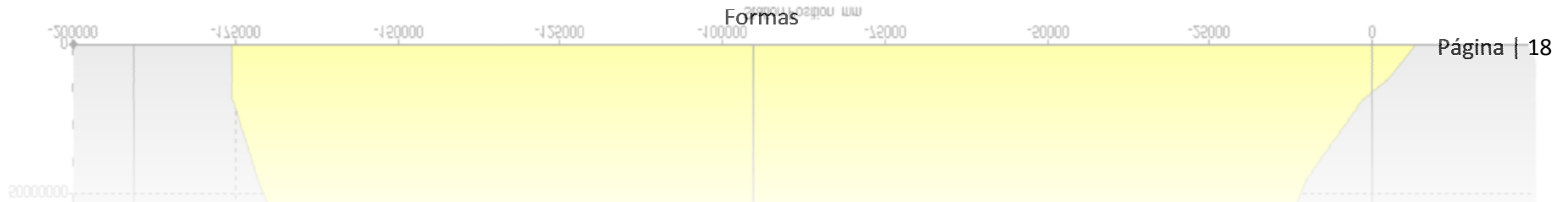
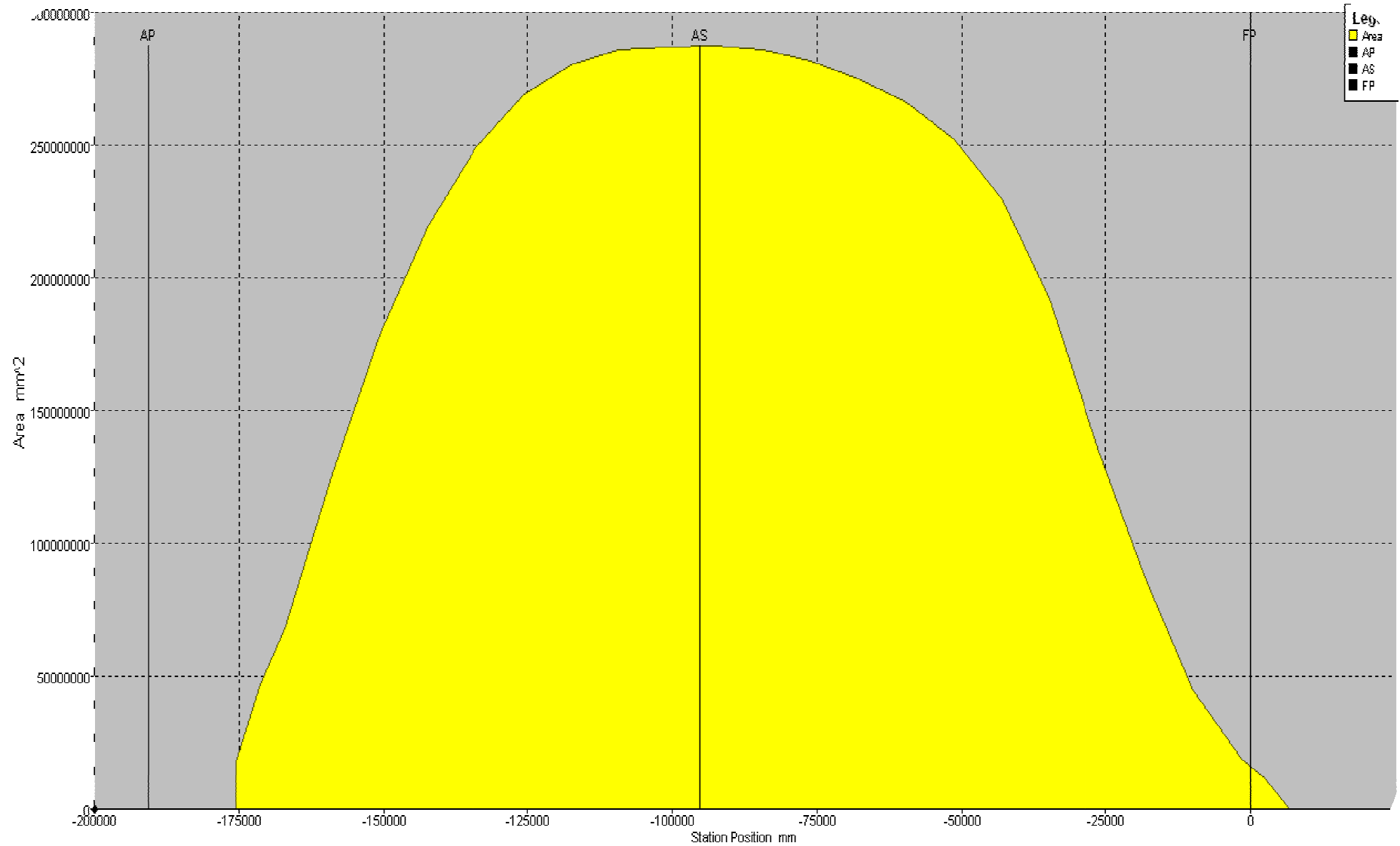
Ilustración 8(Fila 6)

8. Acrónimos

Lpp	Eslora entre perpendiculares
B	Manga
T	Calado de proyecto
Cb	Coeficiente de bloque
Cm	Coeficiente de la maestra
Cf	Coeficiente de la flotación
Cp	Coeficiente prismático
Xcf	Situación longitudinal centro de flotación
KM	Altura del metacentro
H _x	Altura punto protuberancia máxima
X _c	Abscisa punto protuberancia máxima

Anexo I

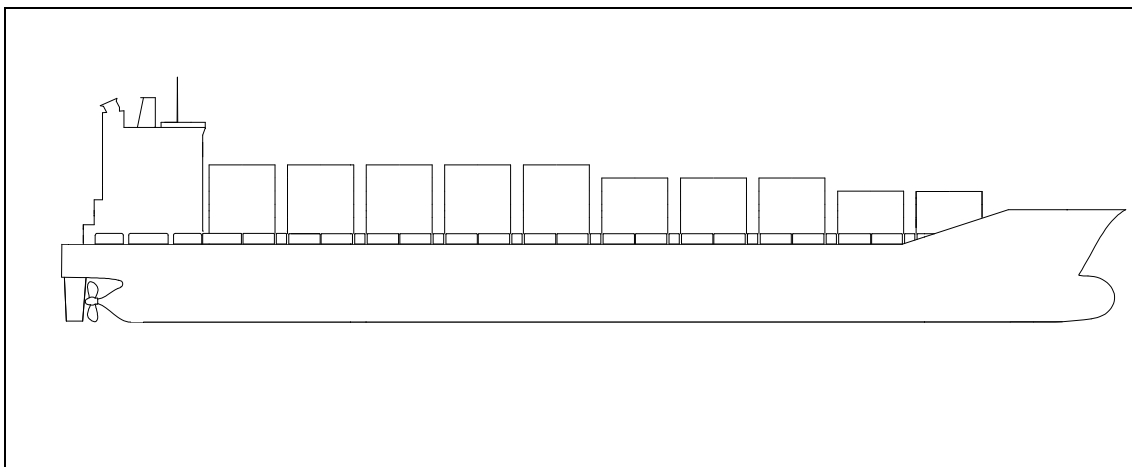
Curvas adimensionales de áreas seccionales





Cuaderno 4

Disposición General



Portacontenedores 1750 TEUS

Proyecto Nº 012

Realizado por:

Ismael Fernández Gil

Especificaciones del proyecto

PROYECTO NÚMERO: CA5

TIPO DE BUQUE: Portacontenedores

CAPACIDAD DE CARGA: 1750 TEU's (120 refrigerados)

PESO MUERTO: 21000 TM

SOCIEDAD DE CLASIFICACIÓN: Lloyd's Register

REGLAMENTOS: Solas, Marpol, Convenio Líneas de carga

VELOCIDAD: 22 nudos al 85% MCR en pruebas

AUTONOMÍA: 12000 millas al 90% MCR y 15% de margen de mar

TRIPULACIÓN: 25 personas

Índice.

1. Introducción.....	4
2. Disposición de mamparos y cubiertas.....	5
2.1 Clara de cuadernas.....	5
2.2 Mamparos transversales.....	5
2.3 Mamparos longitudinales.....	6
2.4 Cubiertas.....	6
3. Bodegas de carga.....	7
4. Carga sobre cubierta.....	9
4.1 Escotillas.....	9
5. Cámara de máquinas y piqués.....	11
5.1 Cámara de máquinas.....	11
5.2 Piqués.....	11
6. Tanques.....	13
6.1 Tanques en bodegas.....	13
6.2 Tanques en cámara de máquinas.....	13
7. Habilitación.....	15
8. Flujos.....	18
8.1 Flujos de alimentos.....	18
8.2 Flujo de basuras.....	18

8.3 Flujo de trabajo.....	18
8.4 Flujos de escape.....	19
9. Acrónimos.....	20
10. Planos.....	21
10.1 Disposición General.....	P1
10.2 Esquema carga en bodegas.....	P2

1. Introducción.

El tipo de buque asignado a este proyecto es un portacontenedores con una capacidad de 1750 TEU's, de los cuales 874 se alojaran en el interior de las bodegas, y el resto irán estibados sobre cubierta.

El buque dispone de doble casco en toda la zona de bodegas de carga, además se han dispuesto espacios para el acceso y tendido de tuberías y cables en el túnel de tuberías instalado en crujía

Los tanques de combustible se encuentran dispuestos entre las bodegas de carga. La proa cuenta por un lado con bulbo de forma elíptica, y por otro con castillo. A su vez tiene popa de espejo y codaste abierto.

Las características principales del buque son las siguientes:

Eslora entre perpendiculares	183,3 m
Eslora total	197,0 m
Manga de trazado	27,7 m
Calado de proyecto	8,9 m

2. Disposición de mamparos y cubiertas

2.1 Clara de cuadernas

En los buques portacontenedores la clara de cuadernas está condicionada por las características de la carga, de tal forma que han de coincidir las cuadernas con la posición de los mamparos transversales en los extremos de las bodegas. Por otro lado al existir la posibilidad de transportar tanto contenedores de 40 como de 20 pies, es necesario que exista otra cuaderna situada en la mitad de las bodegas, transmitiéndose de esta forma los esfuerzos hacia los costados.

Como ya ha sido comentando en apartados anteriores, la clara de cuadernas valdrá:

Clara de cuadernas en CM	700 mm
Clara de cuadernas en piques	600 mm
Clara de cuadernas en bodegas	830 mm

2.2 Mamparos transversales

La disposición de los mamparos transversales y la cuaderna en la que se encuentran aparece en la siguiente tabla:

Mamparos Transversales		
Mamparo	Pos. (m)	Cuaderna
Pique de popa	15,11	19
Proa CCMM	39,61	54
Popa bodega 1	41,71	57
Proa bodega 1	54,162	72
Popa bodega 2	56,26	75
Proa bodega 2	68,71	90
Popa bodega 3	70,81	93
Proa bodega 3	83,26	108
Popa bodega 4	85,36	111
Proa bodega 4	97,81	126
Popa bodega 5	99,91	129
Proa bodega 5	112,37	144
Popa bodega 6	114,46	147
Proa bodega 6	126,92	162
Popa bodega 7	129,02	165
Proa bodega 7	141,47	180
Popa bodega 8	143,57	183
Proa bodega 8	156,02	198

Popa bodega 9	158,12	201
Proa bodega 9	170,57	216
Popa bodega 10	170,57	216
Proa bodega 10	176,90	224
Pique de proa	179,0	224

2.3 Mamparos longitudinales

En cuanto al mamparo longitudinal, estos se han situado uno a cada costado del barco, de tal modo que su manga depende de la bodega en la que se encuentren. Esto ha permitido maximizar tanto el volumen de carga como la capacidad de los tanques del doble casco. La distancia que existe entre mamparo y contenedor en sentido transversal es la misma que la existente en sentido longitudinal.

2.4 Cubiertas

Las cubiertas que tendremos serán el doble fondo situado a 1,8 m, la cubierta pasillo, situada a 14,5 m y la cubierta principal, que se encuentra a 16,9 m, todas ellas referidas a la línea base. En la cámara de máquinas además se dispondrá de tres plataformas.

La habitación dispondrá de 7 cubiertas donde irán situados los elementos de hotel necesarios para una autonomía de 25 días.

3. Bodegas de carga

El buque dispone de 10 bodegas de carga, todas capaces de alojar contenedores de 40 pies, salvo la bodega número 10, situada en proa cuyas dimensiones sólo permiten estibar contenedores de 20 pies. Además aquellas están dotadas de guías fijas en los extremos de popa y proa de cada escotilla para contenedores de 40 pies.

Para estibar contenedores de 20 pies se intercalan raíles de deslizamiento intermedios en los costados de cada escotilla y los TEU's se aseguran mediante conos de bloqueo (twist-locks). Con este sistema, los procesos de carga/descarga se reducen a movimientos verticales dentro de la zona de bodegas.

Para aprovechar todo el espacio disponible para carga, el buque tiene que disponer de aberturas en cubierta de grandes dimensiones, que conducen a una estructura abierta típica de los portacontenedores. Esto genera una pérdida de rigidez del buque considerado como viga. Tal efecto puede ser contrarrestado con las siguientes medidas:

- Se dispondrán de mamparos longitudinales alineados con las brazolas de escotilla de costados, consiguiendo con ello un aumento de la resistencia longitudinal del buque. Además, estos mamparos colaboran eficazmente a la transmisión del peso de los contenedores colocados sobre cubierta a la estructura.
- En la parte alta del doble casco, se dispondrá una cubierta continua de proa a popa que contribuya a alcanzar el módulo resistente necesario. El pasillo formado será utilizado para los desplazamientos de la tripulación.
- En las zonas altas del casco se emplearán perfiles y planchas de acero de alta resistencia.

Situación y eslora de cada bodega:

Bodega	Comprendida entre cuadernas	Eslora (m)	Dimensión escotillas (m)
Nº 1	57-72	12,45	25,5-12,4
Nº 2	75-90	12,45	25,5-12,4
Nº 3	93-108	12,45	25,5-12,4
Nº 4	111-126	12,45	25,5-12,4
Nº 5	129-144	12,45	25,5-12,4
Nº 6	147-162	12,45	25,5-12,4
Nº 7	165-180	12,45	25,5-12,4
Nº 8	183-198	12,45	25,5-12,4
Nº 9	201-216	12,45	15,2-12,4
Nº 10	216-224	6,35	5,1-6,2

El número total de contenedores transportados en bodegas es de 874 TEU's, es decir el 49,9 % del total. La disposición de estos contenedores en las distintas bodegas queda representada en el plano adjunto. Las secciones que se han realizado son las correspondientes a la mínima manga de cada bodega.

A popa de cada bodega existe un espacio de tres claras de cuadernas destinado al almacén de fuel-oil. Dicho espacio está dividido en dos tanques simétricos por crujía que disminuyen la superficie libre del fluido alojado, con los beneficios que esto conlleva.

El doble casco está destinado a alojar agua de lastre, así como todos los tanques de fondo. En crujía existe un túnel de tuberías, que tendrá acceso tanto en la cámara de maquinas como en todas las bodegas.

La especificación contempla la necesidad de transportar 120 contenedores refrigerados. Para evitar la instalación de extractores de aire en las bodegas, estos irán estibados sobre cubierta, y en la zona más próxima a la cámara de máquinas. Esto es, en las filas situadas inmediatamente encima de la misma.

4. Carga sobre cubierta

La cubierta principal y las tapas de las 10 escotillas están preparadas para transportar contenedores de 20 y 40 pies en 5 alturas.

Puesto que las bodegas cuentan con el espacio del doble casco que no existe sobre cubierta, sobre esta última se pueden estibar en el cuerpo central 1 unidad más en sentido transversal. Para ello es necesario instalar candeleros a lo largo de toda la eslora de la zona de carga. Sobre cada tapa de escotilla se estiban en sentido longitudinal dos unidades de 20 pies o una de 40 pies.

En cubierta no se dispone de estructuras de guías celulares, por lo que los módulos de carga se afianzan con otros elementos de trincado, como son los siguientes:

- Bases para twist-locks (conos de apilamiento con bloqueo) soldadas a las tapas de escotilla.
- Fundamentos de estiba elevados para las tapas de escotilla.
- Placas de trinca soldadas a las tapas y candeleros.
- Tensores y barras de fijación.

El número de TEU's estibados sobre cubierta es de 877, que representa un 50,1 % del total transportado.

4.1 Escotillas.

El modelo de escotilla a utilizar será de tipo pontón, esto encarecerá los gastos de puerto, pero por un lado simplificará tanto la construcción como el mantenimiento del buque. Cada escotilla tendrá una densidad superficial de $0,3 \text{ Ton/m}^2$. Esto implica que cada una pesará aproximadamente 70 Tm, y en consecuencia no podrá ser manejada por las mismas grúas de puerto que cargan y descargan el buque. La solución más factible consiste en partir las tapas de cada escotilla en dos, una para la banda de babor y

otra para la de estribor. Según la sociedad de clasificación, estas escotillas han de cumplir con los siguientes criterios:

- El cierre ha de ser estanco a la intemperie, y puesto que el mecanismo de cierre y apertura se limita a levantar la escotilla, la solución más simple es disponer de juntas de goma.
- El radio de las tapas de escotilla ha de ser superior al 35 % de la distancia entre la brazola y la tapa de la escotilla. La distancia es de 1100 mm y el radio de redondeo será de 400 mm
- La altura de la brazola ha de ser de al menos 600 mm.
- La distancia entre el costado del buque y las brazolas no ha de ser en ningún caso inferior a 1 m de distancia.

Junto con el presente se entrega un plano de la disposición de los contenedores dentro de las bodegas.

5. Cámara de máquinas y piqués

5.1 Cámara de máquinas.

La cámara de máquinas irá situada a popa de la zona de carga, desde el mamparo del rasel de popa, ubicado en la cuaderna 19, hasta el mamparo situado en la cuaderna 54. El espaciado de las cuadernas en esta zona del buque es de 700 mm, por lo que la eslora total de la cámara de máquinas es de 24,5 m, suficiente para albergar la maquinaria. Ambos mamparos transversales límites de la cámara de máquinas serán estancos.

5.2 Piqués

El pique de popa se extiende desde la estopa hasta la cuaderna 19, con una eslora de 11,4 m desde la perpendicular de popa. La clara de cuadernas adoptada, tanto para este espacio como para el pique de proa es de 600 mm.

De acuerdo con lo dispuesto en la reglamentación, el mamparo de colisión se encontrará a una distancia comprendida entre el 5 % y el 8 % de la eslora definida en el Convenio Internacional sobre Líneas de Carga de 1966.

L Según el convenio Internacional Sobre Líneas de Carga ($96 \% L_{\text{total}}$ en la línea de flotación situada a una distancia de la quilla igual al 85 % del puntal mínimo de trazado) = 184,13 m

5 % de L = 9,02 m

8 % de L = 14,7 m

Estas distancias se medirán desde el menor de los siguientes valores:

- La mitad de la prolongación del buque bajo la línea de flotación por delante de la perpendicular de proa.

$$X_1 = 184,13 + 4,092 = 185,05 \text{ m}$$

- Una distancia igual al 1,5 % de la eslora del buque por delante de la perpendicular de proa.

$$X_2 = 184,13 + 2,76 = 184,89 \text{ m}$$

- Una distancia de 3 m por delante de la perpendicular de proa.

$$X_3 = 187,13 \text{ m}$$

Por lo tanto el pique de proa deberá estar situado entre:

$$X_{\text{máx}} = 184,89 - 9,02 = 175,87 \text{ m}$$

$$X_{\text{mín}} = 184,89 - 14,7 = 170,19 \text{ m}$$

El rasel de proa se extiende a proa de la cuaderna 224, $X = 173,2 \text{ m}$

6 Tanques

6.1 Tanques en zonas de bodegas

El buque dispone de doble fondo y de un doble forro interior formado por mamparos longitudinales. El espaciado comprendido entre éstos y el casco del buque se utiliza para tanques de lastre.

Simétricamente con respecto al plano de crujía, se ubican los tanques de lastre, que se extenderán a lo largo de los costados de la zona de carga, desde el casco exterior hasta el forro interior y desde la tapa del doble fondo hasta la cubierta de entrepuente.

La forma de los tanques laterales depende de la disposición de los contenedores en la bodega correspondiente, adaptándose a ella, haciendo coincidir los fondos y techos en altura con los diferentes pisos de contenedores, con lo que se logra mantener una continuidad estructural y un mejor aprovechamiento de los espacios no útiles.

6.2 Tanques en cámara de máquinas

En la Cámara de máquinas se dispondrán los tanques necesarios para contener y recoger los fluidos que permitan el funcionamiento de la maquinaria.

Las capacidades de estos tanques estarán de acuerdo a lo especificado por el fabricante del motor principal y su capacidad será determinada en cuadernos posteriores.

El criterio seguido para la ubicación de los tanques es el de disponer en la zona alta de la Cámara de máquinas todos aquellos que contienen fluidos que han de alimentar a las máquinas, como son: tanques de sedimentación y servicio diario de fuel oil y diesel oil, de almacenamiento de aceite lubricante, de agua dulce de alimentación de calderas, agua destilada, etc.

En el doble fondo se situarán todos los tanques destinados a recoger los fluidos procedentes de la maquinaria, tales como tanque de aceite de retorno del motor

principal, de aceite sucio, de aguas aceitosas, de reboses de fuel oil, de derrames y drenajes de aceite, etc. En ellos se dispondrán los cofferdams necesarios.

7 Habilitación

El buque debe contar con espacios de alojamiento para un total de 25 personas. La habitación está situada a popa, encima de la cámara de máquinas, extendiéndose desde la cuaderna 4 hasta la cuaderna 35.

La superestructura está distribuida en las siguientes cubiertas: principal, A, B, C, D, E, F, G. La más baja a la altura de la cubierta de pasillo, comunicándose desde el interior por un tronco central de escaleras y un ascensor. Los dos primeros pisos (cubierta principal y cubierta A) se destinarán a espacios de uso general y común y los cinco siguientes (cubierta B a cubierta F) contienen los alojamientos de la tripulación, todos ellos individuales y provistos de aseo propio. La cubierta F alberga los locales de baterías y convertidores y, finalmente por encima se encuentra el puente de gobierno.

La composición de la tripulación es la siguiente:

- Oficiales:

Capitán	1
Jefe de máquinas	1
Oficiales de cubierta	2
Oficiales de máquinas	2

- Maestranza:

Mayordomo	1
Contramaestre	1
Carpintero	1
Electricista	1
Calderero	1
Cocinero	1

- Subalternos:

Marineros multifunción	11
Camareros	2

- Otros

Armador	1
Alumnos	2
Total	28

Además de las cabinas para la tripulación se dispondrán los siguientes espacios:

- Planta cubierta principal:

Centro de control de descarga	Hospital
Sala de conferencias	Enfermería
Oficina del estibador	Gambuza seca
Oficina del buque	Gambuza frigorífica
Cambio de ropa	Local de CO2

- Planta cubierta A:

Salón de maestranza	Comedor de oficiales
Comedor de maestranza	Comedor de diario
Cocina	Lavandería
Oficio	Secadero

- Planta cubierta B:

Local aire acondicionado	Sala de juegos
Biblioteca	Gimnasio

- Planta cubierta C:

Ocho camarotes individuales

- Planta cubierta D:

Ocho camarotes individuales

- Planta cubierta E:

Convertidores	Baterías
Cuatro camarotes individuales	

- Planta cubierta F:

Despacho Armador	Despacho Capitán
Cuatro camarotes individuales	

- Planta cubierta puente de navegación:

Caseta de gobierno

En las plantas que albergan zonas de uso común se disponen aseos de uso público. Así mismo, se ha procurado separar los alojamientos del guardacalor con objeto de lograr un mayor confort para la tripulación, reduciendo las molestias ocasionadas por el calor y los ruidos.

Además la altura de cada uno de las cubiertas será superior a 2000 mm que marca el convenio sobre trabajo marítimo. Puesto que es necesario instalar tanto la tubería de aire acondicionado, y agua sanitaria la altura instalada será de 2700 mm.

Características camarotes:

La superficie de los camarotes individuales será de 8 m², los mismos contarán con una cama de 2000 mm x 90 mm. Todas irán instaladas con su mayor dimensión en sentido longitudinal. Además los camarotes dispondrán de una mesa de estudio y de armarios con capacidad suficiente para abastecer las necesidades de 25 días de autonomía.

8 Flujos

8.1 Flujo de alimentos.

La carga de víveres se realizará con la grúa situada en la cubierta principal en la banda de babor, de manera que se accederá a las gambuzas correspondientes, mediante la puerta lateral de la cubierta principal de la superestructura y posteriormente se llega a la gambuza seca, desde la cual se puede acceder a las gambuzas de pescado, carne y vegetales. La grúa que servirá para el embarco de víveres, dispondrá de un ángulo de giro de más de 270 para poder cargar desde babor o popa en aquellos casos en los que el buque haya atracado por estribor.

8.2 Flujo de basuras.

En la cubierta principal, al lado de la gambuza seca se encuentra el local para el almacenamiento de basuras. Las basuras serán generadas en la cubierta “A” inmediatamente encima del local destinado al almacenamiento de las mismas, en la cocina y comedores, de manera que para que puedan ser almacenadas, será necesario el uso del montacargas situado en la gambuza seca. Para descargar en puerto estas basuras, se empleará la puerta de popa del propio local, llegando así a la grúa de aprovisionamiento, con la cual descargaremos a puerto.

8.3 Flujo de trabajo

A cámara de máquinas:

El acceso a cámara de máquinas se podrá hacer desde la cubierta principal a través de las escaleras existentes a babor y estribor, pegadas al costado de la superestructura, a través de la escalera existente entre el pañol y el local del cambio de ropa o bien mediante el ascensor que comunica con el resto de las cubiertas de la superestructura.

A cámara de control:

La cámara de control está situada en el primer piso de la superestructura, de manera que para acceder a ella desde cualquier cubierta superior se hará por el tronco de escalera o el ascensor. Para acceder a ella desde el interior de la CCMM se hará mediante las escaleras laterales interiores y posteriormente el pasillo, o mediante el ascensor.

Amarre de popa:

Los útiles de amarre en popa están en la cubierta principal, de manera que los medios para llegar a ellos son los mismos que los citados con anterioridad que comunican la CCMM con la cubierta principal.

Amarre de popa y cubierta de castillo

Para llegar al castillo se hará por la cubierta de pasillo o por la principal, y desde esta subir mediante unas escaleras exteriores a la cubierta de castillo, para realizar las tareas necesarias. También existen escaleras verticales que comunican la cubierta de castillo con la cubierta superior.

Al puente de gobierno

Se accederá por el tronco de la escalera situado en la zona central de la superestructura, o desde el exterior por las escaleras situadas a cada banda y que comunican cada una de las cubiertas de la superestructura.

8.4 Flujo de escape

Debe haber dos escapes separados e independientes.

Todas las escaleras situadas en habitación, en lugares de trabajo de la tripulación, deben permitir el escape hacia una cubierta exterior y por lo tanto han de estar las cubiertas exteriores comunicadas con la ruta de acceso al bote salvavidas.

El bote está situado en la cubierta C, el acceso a este desde cubiertas inferiores será o bien por las escaleras situadas en el costado de la superestructura o bien por las escaleras situadas en el interior de la misma. El acceso desde cubiertas superiores será o

bien por la escalera situada en el exterior de la superestructura a popa de la misma o bien por las escaleras interiores.

Desde la cámara de máquinas debe haber dos juegos de escaleras situadas lo más separadas posible y contruidos en acero.

9 Acrónimos

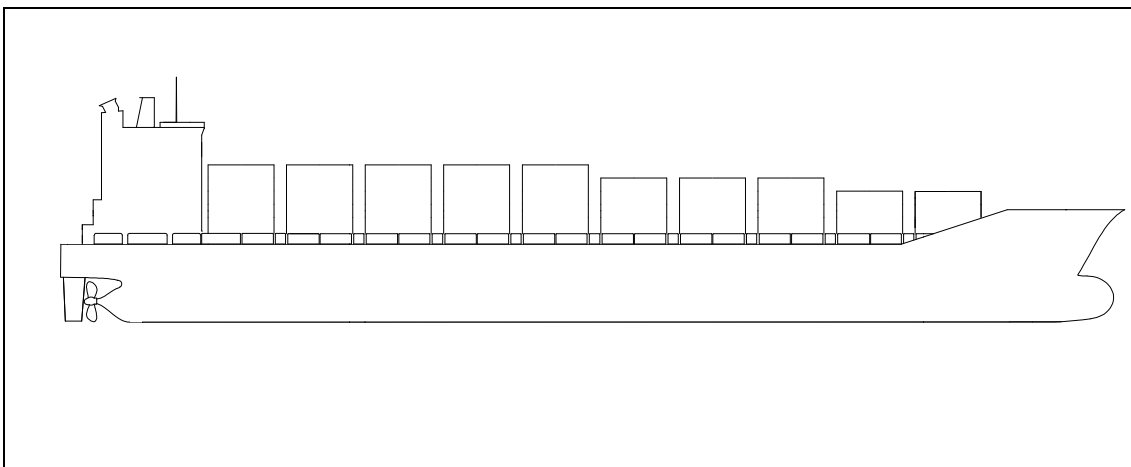
Lpp	Eslora entre perpendiculares
Lap	Eslora del piqué de proa
Ler	Eslora de la cámara de máquinas
Lfp	Eslora del piqué de popa
Lc	Eslora bodega de carga
NCSC	Contenedores sobre cubierta
NCHO	Contenedores bajo cubierta
NCHOB	Contenedores bajo cubierta en manga
NCHOD	Contenedores bajo cubierta en puntal
NCHOL	Contenedores bajo cubierta en eslora
KBOD	Coefficiente de aprovechamiento de bodega
NCSCD	Contenedores sobre cubierta en puntal
NCSCB	Contenedores sobre cubierta en manga
NC_SCL	Contenedores sobre cubierta en eslora
Bc	Manga de cada contenedor
Bcc	Huelgo en manga entre dos contenedores
Db	Altura de brazola
Ddf	Altura doble fondo
Dfc	Huelgo entre primer contenedor y doble fondo
Dcc	Huelgo entre contenedores
Dflex	Altura entre contenedores y tapa de la escotilla
Dcon	Puntal contenedores
PR	Peso en rosca
Δ	Desplazamiento
Fr	Número de Froud
PB	Potencia estimada mediante al fórmula de Watson
N	Revoluciones por minuto
K	Constante fórmula Alexander
BHP	Caballos de vapor al freno
GM	Altura metacéntrica
KM	Posición vertical del metacentro
KB	Posición vertical del centro de carena
KG	Posición vertical del centro de gravedad

10 Planos.



Cuaderno 5

Cálculos de Arquitectura Naval



Portacontenedores 1750 TEUS

Proyecto Nº 012

Realizado por:

Ismael Fernández Gil

Especificaciones del proyecto

PROYECTO NÚMERO: CA5

TIPO DE BUQUE: Portacontenedores

CAPACIDAD DE CARGA: 1750 TEU's (120 refrigerados)

PESO MUERTO: 21000 TM

SOCIEDAD DE CLASIFICACIÓN: Lloyd's Register

REGLAMENTOS: Solas, Marpol, Convenio Líneas de carga

VELOCIDAD: 22 nudos al 85% MCR en pruebas

AUTONOMÍA: 12000 millas al 90% MCR y 15% de margen de mar

TRIPULACIÓN: 25 personas

Índice

1. Introducción.....	3
2. Francobordo.....	4
2.1 Definición de conceptos.....	4
2.2 Francobordo tabular.....	5
2.3 Correcciones francobordo tabular.....	5
2.4 Francobordo geométrico.....	10
2.5 Francobordo de verano.....	10
2.6 Francobordo tropical.....	11
2.7 Francobordo de invierno y de Atlántico Norte.....	11
2.8 Francobordo de agua dulce.....	11
2.9 Francobordo de agua dulce tropical.....	11
2.10 Altura mínima de proa.....	12
3. Arqueo.....	13
3.1 Arqueo bruto.....	13
3.2 Arqueo neto.....	14
4. Punto de inundación progresiva.....	16
5. Tablas hidrostáticas.....	18
6. Isóclinas.....	26
7. Calibración de tanques.....	30
8. Acrónimos.....	50

1. Introducción

El presente cuaderno incluye los resultados del cálculo de francobordo y arqueo del buque.

El francobordo se determina conforme al Reglamento del Convenio Internacional sobre Líneas de Carga de 1966, cuya última enmienda fue aprobada en el 2005.

En cuanto al cálculo del arqueo del buque, se determinará mediante el Convenio Internacional sobre Arqueo de Buques.

También serán incluidos en este cuaderno los siguientes cálculos de Arquitectura Naval:

- Cálculo de características hidrostáticas
- Cálculo de brazos de adrizamiento.
- Calibración de tanques

El cálculo de todas estas magnitudes hidrostáticas se realizará con el módulo “Hydromax” de “Maxsurf”.

2. Francobordo.

En primer lugar, se procederá a la definición de los términos necesarios para el cálculo del francobordo, el cual se conoce como la distancia que existe entre la parte superior de la cubierta y la flotación máxima permitida en un buque de carga.

Para tener en cuenta el efecto de la temperatura y de la salinidad se calcularán, además del francobordo de verano, el francobordo tropical, el de invierno y el de agua dulce.

2.1 Definición de conceptos

- Cubierta de francobordo y puntal de trazado:

Se tomará la cubierta completa más alta expuesta a la intemperie y a la mar, ha de estar dotada de medios permanentes de cierre de todas las aberturas en la parte expuesta de la misma y bajo la cual todas las aberturas en los costados del buque estén dotadas de medios permanentes de cierre estancos. En el caso del buque en proyecto, la cubierta que cumple tal descripción es la cubierta principal, que se encuentra a:

$$D_s = 16,9 \text{ m}$$

- Puntal de francobordo:

Es el puntal trazado en el centro del buque más el espesor de la chapa de trancanil de la cubierta de francobordo, que para el buque en estudio es de 32 mm.

$$D = 16,932 \text{ m}$$

- Eslora de francobordo:

La eslora de francobordo será la mayor de las siguientes alternativas:

3. 96 % de la eslora en la flotación correspondiente a un calado igual al 85 % del puntal de trazado.

4. Eslora medida a una flotación del 85 % desde la cara proel de la roda hasta el eje de la mecha del timón

$$L = 191,4 \text{ m}$$

- Manga:

Manga máxima del buque.

$$B = 27,8 \text{ m}$$

- Coeficiente de bloque (CB):

El coeficiente de bloque vendrá dado por la siguiente fórmula:

$$C_B = \frac{\Delta}{L \cdot B \cdot 0,85 \cdot D}$$

Siendo:

Δ : Volumen del desplazamiento de trazado del buque, excluidos los apéndices, tomados a un calado $0,85 \cdot D$

D: Puntal mínimo de trazado

L: Eslora de francobordo

B: Manga

$$C_B = 0,729$$

2.2 Francobordo tabular

El buque es de tipo B, por lo que, entrando en las tablas correspondientes con la eslora de francobordo se obtiene por interpolación lineal que [Ref 2]:

$$FB = 2977 \text{ mm}$$

2.3 Correcciones al francobordo tabular

2.3.1 Corrección por eslora menor de 100 m.

Por tener el buque en proyecto una eslora superior a 100 m. no procede la corrección

2.3.2 Corrección por puntal

Si el puntal de francobordo excede $L/15$ el francobordo deberá aumentarse en [Ref 2]:

$$K_D = \left(D - \frac{L}{15} \right) \cdot R$$

Siendo:

R: $L/0,48$ para esloras inferiores a 120 m

R: 250 para esloras de 120 m o mayores

Cuando D sea menor que $L/15$, no se hará reducción alguna, excepto en buques con superestructuras cerradas que cubran al menos una longitud igual al 60 % de la eslora en el centro del buque, o bien con un tronco completo, o una combinación de superestructuras cerradas separadas y troncos que se extiendan de manera continua de proa a popa, en cuyo caso el francobordo se reducirá en la proporción anterior. Cuando la altura de la superestructura o tronco sea inferior a la normal que corresponda, la reducción calculada se corregirá con la relación entre la altura real de la superestructura o del tronco y la altura normal aplicable.

Como:

$$\frac{L}{15} = 12,26$$

Y por tanto [Ref 2]:

$$K_D = (16,732 - 12,26) \cdot 250 = 1116 \text{ mm}$$

2.3.3 Corrección por coeficiente de bloque

Dado que el coeficiente de bloque, C_B , es superior a 0,68, al francobordo tabular se le aplica el siguiente factor de corrección [Ref 2].

$$K_{CB} = \left(\frac{C_B + 0,68}{1,36} \right) = 1,036$$

No procede, K_{Cb} , es superior a 1.

2.3.4 Corrección por superestructura

Cuando la longitud efectiva de superestructuras y troncos sea igual a L , la reducción del francobordo es de 350 mm para 24 m de eslora, 860 mm para 85 m de eslora y 1070 mm para 120 m de eslora y esloras superiores. Las reducciones correspondientes a esloras intermedias se obtienen por interpolación lineal.

Cuando la longitud total efectiva de superestructuras y troncos sea inferior a L , la reducción es un porcentaje obtenido de la tabla siguiente para buque de tipo B [Ref 2].

E/L_{pp}	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Tipo B	0	5	10	15	23,5	32	46	63	75,3	83,7

En las superestructuras tenemos las siguientes dimensiones reales y normales

	Longitud Real	Altura Real	Altura Normal
Castillo	17,15 m	4,6 m	2,3 m

Por ser la eslora mayor de 125 m, la altura normal de las superestructuras es de 2,30 m.

El castillo se extiende de banda a banda, por lo que la relación entre su anchura en la mitad de su longitud y la manga del buque para esa

misma sección, será la unidad. Así pues, la longitud real de superestructura (S), será igual a la longitud efectiva de la superestructura.

Por ser $L \geq 122$ m, la reducción por superestructura completa es de 1070 mm. Esta cantidad se verá reducida en un porcentaje que obtenemos con la tabla contenida en la Regla 37.2 teniendo en cuenta que nuestro buque es de tipo B, con longitud efectiva menor de $0,2 L$ (luego interpolamos). Para entrar en la tabla debemos conocer la longitud efectiva total de la superestructura.

Así pues, la longitud efectiva, el porcentaje de reducción y la reducción del francobordo por superestructuras K_s , es:

$$L. \text{ efectiva} \approx 0,119 \cdot L$$

Interpolando linealmente, se obtiene una reducción del 5,95 %, con lo que el valor final de K_s :

$$K_s = 0,046 \cdot 1070 = 49,7 \text{ mm}$$

2.3.5 Corrección por arrufo [Ref 2]

	Situación	Arrufo normal	Z(mm)	f	Z·f
Mitad de popa	Ppp	$25 \cdot (L/3+10)$	1784,42	1	1784,4
	1/6 L	$11,1 \cdot (L/3+10)$	792,28	3	2376,8
	1/3 L	$2,8 \cdot (L/3+10)$	200,01	3	600,0
	Suma				4761,3

	Situación	Arrufo normal	Z(mm)	f	Z·f
Mitad de proa	1/3 L	$5,6 \cdot (L/3+10)$	400,03	3	1200,1
	1/6 L	$22,2 \cdot (L/3+10)$	1584,56	3	4753,7
	Ppr	$50 \cdot (L/3+10)$	3568,83	1	3568,8
	Suma				9522,6

El buque no posee arrufo alguno por lo que las deficiencias de arrufo serán:

Deficiencia de arrufo en popa:

$$\frac{(0 - 4761,3)}{8} = -595 \text{ mm}$$

Deficiencia de arrufo en proa:

$$\frac{(0 - 9522,6)}{8} = -1190 \text{ mm}$$

Deficiencia de arrufo en cubierta:

$$\frac{-595 - 1190}{2} = -892 \text{ mm}$$

Por ser la altura real del castillo en la ordenada extrema superior a la normal, se aumentará el arrufo de la cubierta de francobordo un valor “s” dado por [Ref 2]:

$$s = \frac{y \cdot L}{3 \cdot L'}$$

Siendo:

- s: Suplemento de arrufo, a deducir del defecto o añadir al exceso de arrufo.
- y: Diferencia entre las alturas real y normal del castillo en la ordenada extrema de la línea de arrufo.
- L': Longitud media de la parte cerrada del castillo, hasta un máximo de 0,5·L

Y por lo tanto:

$$s = \left(\frac{5,2 - 2,3}{3} \right) \cdot 0,119 = 115 \text{ mm}$$

Siendo la deficiencia de arrufo en la cubierta:

$$-892 + 115 = -777,7 \text{ mm}$$

La corrección final por arrufo se obtiene multiplicando el valor anterior por el siguiente término:

$$0,75 - \frac{S}{(2 \cdot L)}$$

Siendo S la longitud total de superestructuras cerradas y que en el caso del buque en estudio es igual a la longitud del castillo, S (21,98), y el valor final de K_A [Ref 2]:

$$K_A = 777,7 \cdot \left(0,75 - \frac{17,15}{2 \cdot 191,4} \right) = 536,85 \text{ mm}$$

2.4 Francobordo geométrico

Teniendo en cuenta las correcciones anteriores tenemos que [Ref 2]:

$$FB_{vg} = FB_T \cdot K_{CB} + K_D + K_S + K_A$$

Donde sustituyendo por sus respectivos valores:

$$FB_{vg} = 2977 + 1116 - 49,7 - 536,85 = 3507 \text{ mm}$$

Y en consecuencia el calado de verano geométrico será:

$$T_{vg} = 16932 - 3513 = 13424 \text{ mm}$$

2.5 Francobordo de verano

El francobordo de verano es el francobordo geométrico corregido por estabilidad y escantillonado:

$$Fbs = Fbg + Cesc + Cest$$

Se hace coincidir el calado de verano con el calado de proyecto (9,04 m), con lo que el francobordo de verano es 6500 mm

2.6 Francobordo tropical

El francobordo mínimo en la zona tropical es el francobordo que resulta de deducir del francobordo de verano 1/48 del calado de verano:

$$FBT = 6709 - \frac{1}{48} \cdot 10000 = 6500 \text{ mm}$$

2.7 Francobordo de invierno y de Atlántico Norte

Será el francobordo de verano incrementado en 1/48:

$$FBI = 6709 + \frac{1}{48} \cdot 10000 = 6917 \text{ mm}$$

Para el Atlántico Norte en invierno coincidirá con FBI, por ser la eslora superior a 100 m.

2.8 Francobordo de agua dulce

$$FB_D = FB_v - \frac{\Delta}{4 \cdot T}$$

Resultando 5825 mm

2.9 Francobordo de agua dulce tropical

El francobordo mínimo en la zona tropical es el francobordo que resulta de deducir del francobordo de verano 1/48 del calado de verano

$$FBT = 5825 - \frac{1}{48} \cdot 10000 = 5617 \text{ mm}$$

2.10 Altura mínima de proa

La altura mínima de proa, definida como distancia vertical, en la perpendicular de proa, entre la flotación correspondiente al francobordo de verano asignado y el canto alto, en el costado, de la cubierta expuesta no será inferior a los valores dados por la siguiente fórmula [Ref 6]:

$$R = 56 \cdot L \cdot \left(1 - \frac{L}{500}\right) \frac{1,36}{C_B + 0,68} mm$$

Y por lo tanto la altura mínima en proa será:

$$R = 6509 mm$$

3 Arqueo

El Arqueo de un buque es la magnitud que define la capacidad volumétrica de un buque. Este se divide en arqueo bruto y arqueo neto.

3.1 Arqueo bruto

El arqueo bruto es una medida de la capacidad del buque, que comprende el volumen total interior del casco más las casetas y superestructuras.

Este tiene influencia en los siguientes aspectos:

- Determinación de costes de entrada en diques secos.
- Determinación de la tarifa de los prácticos.
- Determinación de los gastos por usos de remolcadores.
- Determinación de la tarifa de amarre en los puertos.
- Determinación de las tarifas de clasificación del buque.
- Coste expedición certificados de carga.
- Exigencias de paso por canales.
- Determinación de cargas impositivas fiscales.

El arqueo bruto de un buque, GT, se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$$GT = K_1 \cdot V$$

Siendo:

V: volumen total de todos los espacios cerrados del buque en m³

K₁: $0,2 + 0,02 \cdot \log_{10} V$

Los espacios a considerar para determinar el volumen bruto del buque son el espacio encerrado por el casco: el castillo y la superestructura.

Volumen bajo cubierta	63709 m ³
Volumen de los espacios de carga	43089 m ³
Volumen castillo y superestructura	8325 m ³

$$GT = 18863 \text{ GT}$$

3.2 Arqueo neto

El arqueo neto es la medida de la capacidad total del buque disponible para la carga y pasajeros. Se calcula aplicando la siguiente fórmula [Ref 2]:

$$NT = K_2 \cdot V_c \cdot \left(\frac{4 \cdot d}{3 \cdot D} \right)^2 + K_3 \cdot \left(\frac{N_1 + N_2}{10} \right)$$

Siendo:

V: volumen total de todos los espacios cerrados del buque en m³

K₂: $0,2 + 0,02 \cdot \log_{10} V$

K₃: $\frac{1,25 \cdot (GT + 10000)}{10000}$

D: Puntal de trazado en el centro del buque en metros

d: Calado de trazado en el centro del buque en metros

N₁: Número de pasajeros en camarotes de más de ocho literas

N₂: Número de demás pasajeros

Teniéndose en cuenta además que:

- El factor

$$\left(\frac{4 \cdot d}{3 \cdot D} \right)$$

No se tomará superior a la unidad.

- El término:

$$K_2 \cdot V_C \cdot \left(\frac{4 \cdot d}{3 \cdot D} \right)^2$$

No debe de ser inferior a $0,25 \cdot GT$

- El arqueo neto no debe ser inferior al 30 % del arqueo bruto

$$GT = 8979 \text{ NT}$$

4 Punto de inundación progresiva

El punto de inundación progresiva será el primer punto de la estructura del barco, por el cual en una posible situación de flotación, pueda penetrar agua en la estructura dejando ésta de contribuir a la estabilidad del buque.

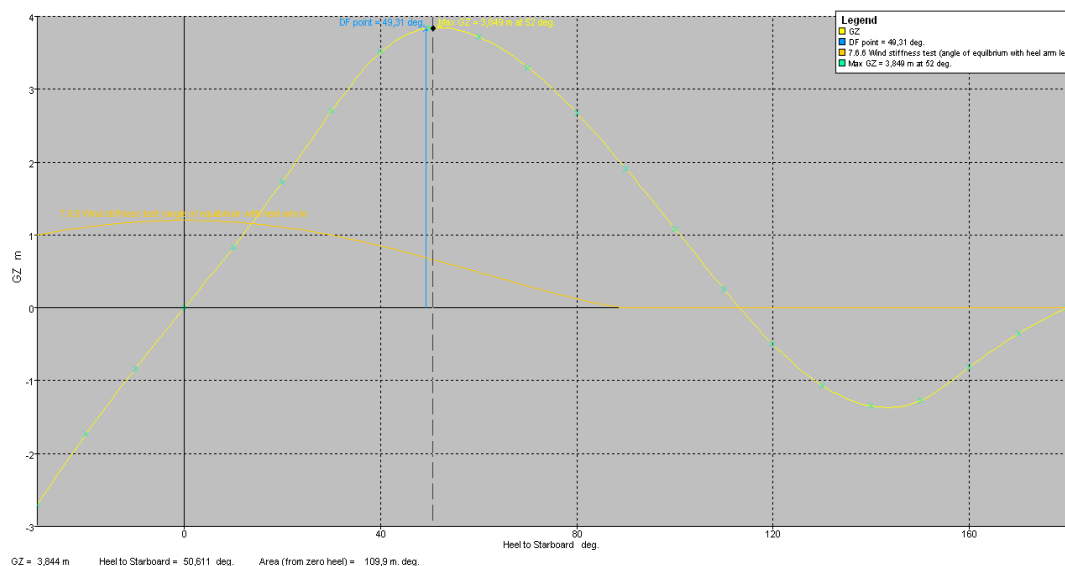
Este punto ha de proyectarse por encima de 40° de escora, siendo preferible aun así, que el ángulo sea superior a 50°. El menor de estos o el punto de inundación progresiva, son límites de cálculo de criterios de la reglamentación de estabilidad intacta y del criterio meteorológico respectivamente, de manera que situando el punto por encima de 50° mejoramos la previsión de cumplir los criterios de estabilidad en las distintas condiciones de carga.

El concepto de estanqueidad al agua consiste en no permitir el paso del agua ante la inmersión permanente de la abertura. Por encima del punto de inundación progresiva las aberturas han de ser estancas a la intemperie, pero no es obligatorio que lo sean a una inmersión permanente.

En este caso el punto ha sido situado en la puerta de estribor de la “cubierta C”, por estar ésta situada dos cubiertas por encima de la cubierta principal. Las coordenadas del punto, (origen: punto de intersección entre perpendicular de proa y línea base en crujía)

$$P: (169,7; 9,4; 22,8)$$

El hecho de que se haya elegido este punto como punto de inundación progresiva, implica que las aberturas que existan por debajo de ésta deberán ser estancas. El punto de inundación progresiva será, por tanto, estanco a la intemperie, y no al agua, es decir, podrá soportar sin filtrar agua una situación de inmersión transitoria como un golpe de mar, pero no una situación de inmersión permanente. En el gráfico se puede observar como el ángulo límite obtenido para el desplazamiento de proyecto es de 49,31°.



Variando el desplazamiento se obtiene la siguiente tabla:

Desplazamiento (Ton)	Angulo (°)
15112	80,17
16112	77,91
17112	75,73
18112	73,63
19112	71,6
20112	69,43
21112	67,56
22112	65,78
23112	64,04
24112	62,34
25112	60,69
26112	59,01
27112	57,3
28112	55,63

Desplazamiento (Ton)	Angulo (°)
29112	53,99
30112	52,39
31112	50,84
32112	49,31
33112	47,8
34112	46,36
35112	44,99
36112	43,7
37112	42,45
38112	41,25
39112	40,09
40112	38,91
41112	37,77
42112	36,38

El ángulo obtenido para el desplazamiento de proyecto es superior a 40 ° pudiéndose considerar idóneo de cara a la evaluación de la estabilidad, confirmando además que la situación de las distintas aberturas en el plano de disposición general es adecuada.

5 Tablas hidrostáticas

Los cálculos hidrostáticos han sido obtenidos mediante el módulo de Maxsurf, Hydromax. Este módulo parte de las formas, que fueron importadas desde “Maxsurf”.

Las curvas hidrostáticas representan las distintas características geométricas de la carena del buque en función del calado.

Buque Portacontenedores 1750 TEU's

Calado	14,36	14,13	13,9	13,68	13,45	13,223	12,996	12,769	12,542	12,315
Desplazamiento (Tn)	57267	56159	55054	53951	52851	51754	50663	49569	48479	47392
Eslora en la flotación (m)	196,2	195,9	195,6	195,3	195,0	194,7	194,4	194,0	193,7	193,4
Manga en la flotación (m)	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8
Area mojada (m^2)	8226,7	8132,8	8039,9	7947,1	7854,3	7761,5	7687,8	7590,4	7493,3	7396,1
Area en la flotación (m^2)	4744,5	4733,6	4722,4	4710,9	4699,0	4686,5	4683,1	4666,9	4650,7	4634,1
Coeficiente prismático	0,748	0,746	0,744	0,742	0,740	0,738	0,737	0,734	0,732	0,729
Coeficiente de bloque	0,713	0,712	0,710	0,709	0,707	0,705	0,704	0,702	0,700	0,698
Coeficiente de la maestra	0,975	0,975	0,974	0,974	0,973	0,973	0,972	0,972	0,971	0,971
Coeficiente de la flotación	0,906	0,905	0,904	0,904	0,903	0,902	0,903	0,901	0,9	0,898
Xcc a popa de la maestra	6,1	6,2	6,3	6,4	6,6	6,7	6,9	7,0	7,2	7,4
Xf a popa de la maestra	1,3	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,4	0,4	0,4	0,4
KB m	8,7	8,6	8,5	8,4	8,2	8,1	8,0	7,9	7,7	7,6
BMt m	5,8	5,9	6,0	6,2	6,3	6,4	6,5	6,7	6,8	7,0
BML m	242,6	246,5	250,5	254,6	258,9	263,3	269,4	273,7	278,2	282,9
KMt m	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,6
KML m	251,4	255,1	259,0	263,0	267,1	271,4	277,4	281,6	285,9	290,5
Tonelada/cm inmersión	48,6	48,5	48,4	48,3	48,2	48,0	48,0	47,8	47,7	47,5
MTc tonne.m	634,9	630,5	626,1	621,6	617,0	612,3	611,2	605,1	599,1	593,1

Buque Portacontenedores 1750 TEU's

Calado	12,088	11,861	11,634	11,407	11,18	10,953	10,726	10,499	10,272	10,045
Desplazamiento (Tn)	46310	45233	44168	43097	42033	40975	39925	38881	37860	36830
Eslora en la flotación (m)	193,1	192,8	192,5	192,2	191,9	191,6	191,3	186,7	192,8	185,8
Manga en la flotación (m)	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,7	27,7	27,7
Area mojada (m^2)	7298,7	7201,0	7114,2	7011,8	6909,0	6772,0	6670,5	6552,5	6464,3	6370,0
Area en la flotación (m^2)	4616,9	4598,9	4579,1	4557,2	4533,7	4507,7	4476,7	4428,5	4399,7	4376,0
Coeficiente prismático	0,737	0,737	0,737	0,736	0,736	0,731	0,729	0,726	0,725	0,724
Coeficiente de bloque	0,696	0,694	0,692	0,690	0,688	0,685	0,684	0,698	0,673	0,695
Coeficiente dela maestra	0,97	0,969	0,969	0,968	0,967	0,967	0,967	0,968	0,968	0,968
Coeficiente de la flotación	0,896	0,894	0,892	0,889	0,886	0,882	0,879	0,893	0,89	0,888
Xcc a popa de la maestra	7,6	7,8	8,0	8,2	8,4	8,7	8,9	9,1	9,4	9,6
Xf a popa de la mestra	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,2	1,7	1,9	2,1
KB m	7,5	7,3	7,2	7,1	7,0	6,8	6,7	6,6	6,5	6,3
BMt m	7,1	7,3	7,4	7,6	7,8	8,0	8,2	8,4	8,5	8,8
BML m	287,7	292,7	297,5	302,4	307,2	312,1	316,7	317,8	323,1	330,1
KMt m	14,6	14,6	14,7	14,7	14,8	14,8	14,9	14,9	15,0	15,1
KML m	295,2	300,0	304,7	309,5	314,1	318,9	323,4	324,4	329,6	336,4
Tonelada/cm inmersión	47,3	47,1	46,9	46,7	46,5	46,2	45,9	45,4	45,1	44,9
MTc tonne.m	586,9	580,5	573,5	565,9	557,8	549,5	540,3	524,8	516,4	509,8

Buque Portacontenedores 1750 TEU's

Calado	9,818	9,591	9,364	9,137	8,71	8,35	7,97	7,80	7,37	6,92
Desplazamiento (Tn)	35807	34791	33780	32776	31715	30543	29270	27909	26502	24990
Eslora en la flotación (m)	185,3	184,8	192,7	183,6	183,0	182,3	181,6	180,9	180,2	179,6
Manga en la flotación (m)	27,7	27,7	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6	27,5	27,5	27,5
Area mojada (m^2)	6275,8	6181,7	6087,7	5993,7	5897,5	5800,0	5702,4	5604,6	5525,5	5423,2
Area en la flotación (m^2)	4352,3	4328,3	4303,8	4278,7	4248,9	4217,1	4184,6	4150,8	4115,6	4079,7
Coeficiente prismático	0,722	0,721	0,718	0,715	0,712	0,710	0,696	0,692	0,690	0,685
Coeficiente de bloque	0,694	0,693	0,661	0,690	0,734	0,741	0,748	0,732	0,740	0,746
Coeficiente dela maestra	0,967	0,967	0,967	0,967	0,966	0,966	0,965	0,965	0,964	0,963
Coeficiente de la flotación	0,886	0,884	0,883	0,881	0,879	0,876	0,874	0,871	0,867	0,863
Xcc a popa de la maestra	9,9	10,2	10,5	10,8	11,1	11,4	11,8	12,1	12,4	12,8
Xf a popa de la mestra	2,2	2,4	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9	4,3	4,6
KB m	6,2	6,1	5,9	5,8	5,7	5,6	5,4	5,3	5,2	5,1
BMt m	9,0	9,2	9,5	9,7	10,0	10,3	10,6	10,9	11,2	11,6
BML m	337,4	345,2	353,4	362,1	370,3	378,7	387,6	397,0	406,3	417,1
KMt m	15,2	15,3	15,4	15,6	15,7	15,9	16,0	16,2	16,4	16,6
KML m	343,6	351,3	359,4	368,0	376,0	384,3	393,0	402,3	411,5	422,2
Tonelada/cm inmersión	44,6	44,4	44,1	43,9	43,6	43,2	42,9	42,6	42,2	41,8
MTc tonne.m	503,3	496,7	490,0	483,2	475,0	466,3	457,5	448,6	439,4	430,3

Buque Portacontenedores 1750 TEU's

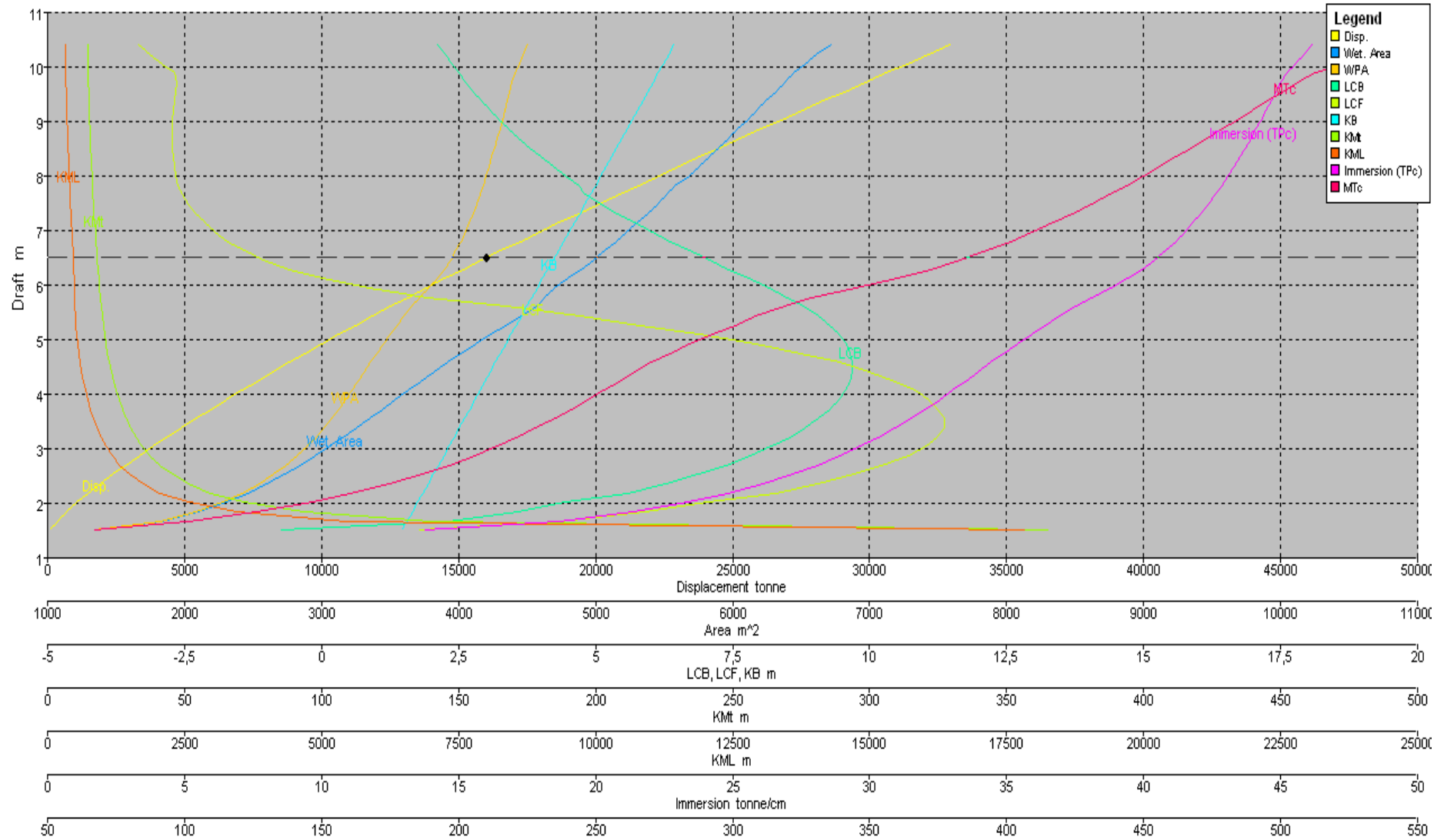
Calado	6,46	5,99	5,52	5,20	4,72	4,36	4,02	3,69	3,38	3,18
Desplazamiento (Tn)	23427	21824	20192	18542	16882	15689	14542	13444	12393	11385
Eslora en la flotación (m)	179,0	178,6	178,5	179,0	179,3	179,5	175,9	176,6	176,3	176,0
Manga en la flotación (m)	27,5	27,5	27,5	27,4	27,4	27,4	27,4	27,3	27,3	27,3
Area mojada (m^2)	5318,6	5210,8	5098,5	4978,9	4875,1	4719,9	4573,7	4425,1	4289,8	4157,5
Area en la flotación (m^2)	4040,2	3996,2	3947,9	3892,8	3830,4	3750,3	3672,8	3593,0	3530,1	3466,4
Coeficiente prismático	0,680	0,675	0,668	0,658	0,649	0,641	0,647	0,637	0,630	0,623
Coeficiente de bloque	0,752	0,757	0,762	0,740	0,742	0,746	0,767	0,770	0,777	0,760
Coeficiente dela maestra	0,963	0,962	0,961	0,96	0,959	0,958	0,957	0,955	0,953	0,952
Coeficiente de la flotación	0,858	0,852	0,842	0,829	0,814	0,797	0,798	0,778	0,767	0,755
Xcc a popa de la maestra	13,2	13,6	14,1	14,5	14,9	15,3	15,6	15,8	16,0	16,1
Xf a popa de la mestra	5,0	5,5	6,2	7,1	8,3	9,8	11,3	12,8	13,8	14,8
KB m	4,9	4,8	4,7	4,5	4,4	4,3	4,1	4,0	3,9	3,8
BMt m	11,9	12,3	12,6	13,0	13,4	13,9	14,3	14,9	15,5	16,2
BML m	427,9	438,5	449,1	458,6	467,5	469,7	473,4	477,0	489,4	504,0
KMt m	16,8	17,1	17,3	17,5	17,8	18,1	18,5	18,9	19,4	19,9
KML m	432,9	443,3	453,7	463,2	471,9	474,0	477,5	481,0	493,3	507,7
Tonelada/cm inmersión	41,4	41,0	40,5	39,9	39,3	38,4	37,7	36,8	36,2	35,5
MTc tonne.m	420,3	409,2	397,4	384,0	369,6	349,7	331,1	312,6	299,6	287,2

Buque Portacontenedores 1750 TEU's

Calado	2,89	2,61	2,43	2,17	1,93	1,76	1,54	1,34	1,19	1,01
Desplazamiento (Tn)	10423	9504	8628	7796	7007	6261	5558	4902	4284	3710
Eslora en la flotación (m)	175,6	175,3	174,9	174,5	174,1	173,6	173,1	172,6	171,9	171,2
Manga en la flotación (m)	27,3	27,2	27,2	27,1	27,1	27,0	26,9	26,8	26,7	26,5
Area mojada (m^2)	4035,7	3914,3	3800,1	3684,2	3576,2	3466,6	3355,5	3269,4	3149,2	3021,5
Area en la flotación (m^2)	3410,6	3352,8	3299,4	3240,5	3184,1	3124,4	3060,9	2991,7	2919,1	2835,4
Coeficiente prismático	0,616	0,609	0,601	0,593	0,585	0,576	0,567	0,557	0,544	0,529
Coeficiente de bloque	0,769	0,778	0,763	0,774	0,786	0,773	0,789	0,806	0,800	0,825
Coeficiente dela maestra	0,95	0,947	0,945	0,942	0,939	0,935	0,931	0,927	0,922	0,917
Coeficiente de la flotación	0,745	0,735	0,726	0,716	0,707	0,697	0,688	0,677	0,666	0,654
Xcc a popa de la maestra	16,2	16,2	16,2	16,1	15,9	15,7	15,5	15,0	14,6	14,0
Xf a popa de la mestra	15,5	16,2	16,8	17,2	17,5	17,7	17,9	17,9	17,7	17,5
KB m	3,6	3,5	3,4	3,3	3,1	3,0	2,9	2,8	2,6	2,5
BMt m	16,9	17,8	18,8	19,9	21,2	22,7	24,5	26,6	29,2	32,4
BML m	524,5	547,9	578,1	611,6	654,2	704,8	765,9	839,1	938,0	1065,7
KMt m	20,6	21,3	22,2	23,1	24,3	25,7	27,4	29,3	31,8	34,9
KML m	528,1	551,4	581,5	614,9	657,3	707,8	768,8	841,8	940,6	1068,2
Tonelada/cm inmersión	35,0	34,4	33,8	33,2	32,6	32,0	31,4	30,7	29,9	29,1
MTc tonne.m	277,2	267,2	258,8	249,7	241,8	233,7	225,3	216,6	208,5	199,7

Calado	0,85	0,72	0,58	0,46	0,36	0,27	0,18
Desplazamiento (Tn)	3178	2690	2245	1842	1482	1166	902
Eslora en la flotación (m)	170,3	169,3	167,9	165,8	163,8	162,5	160,0
Manga en la flotación (m)	26,3	25,9	25,4	24,6	23,4	21,1	18,1
Area mojada (m^2)	2883,6	2730,5	2545,3	2341,6	2051,1	1554,6	986,0
Area en la flotación (m^2)	2737,8	2623,4	2490,5	2307,6	2032,6	1545,9	899,0
Coeficiente prismático	0,512	0,490	0,462	0,423	0,359	0,236	0,126
Coeficiente de bloque	0,856	0,868	0,923	0,934	0,936	0,940	0,952
Coeficiente de la maestra	0,912	0,908	0,904	0,901	0,9	0,908	0,712
Coeficiente de la flotación	0,641	0,627	0,613	0,594	0,557	0,474	0,114
Xcc a popa de la maestra	13,4	12,6	11,7	10,4	8,4	5,4	-40,1
Xf a popa de la maestra	17,0	16,2	14,9	13,9	11,9	7,7	-42,6
KB m	2,4	2,3	2,1	2,0	1,9	1,7	1,6
BMt m	36,4	41,8	49,7	62,3	84,6	135,9	31,3
BML m	1237,7	1484,0	1876,7	2498,6	3729,2	7604,4	55446,0
KMt m	38,8	44,1	51,8	64,3	86,5	137,7	32,9
KML m	1240,1	1486,2	1878,8	2500,6	3731,1	7606,1	55447,6
Tonelada/cm inmersión	28,1	26,9	25,5	23,7	20,8	15,8	0,5
MTc tonne.m	189,9	179,2	167,9	150,2	124,6	85,7	2,2

Buque Portacontenedores 1750 TEU's



6. Isóclinas

Las curvas isóclinas, o curvas KN, representan, para cada ángulo de escora y para cada desplazamiento el correspondiente KN en m. Los ángulos de escora elegidos van de 10° a 90° , siendo los mismos representados en un gráfico con su correspondiente tabla de valores.

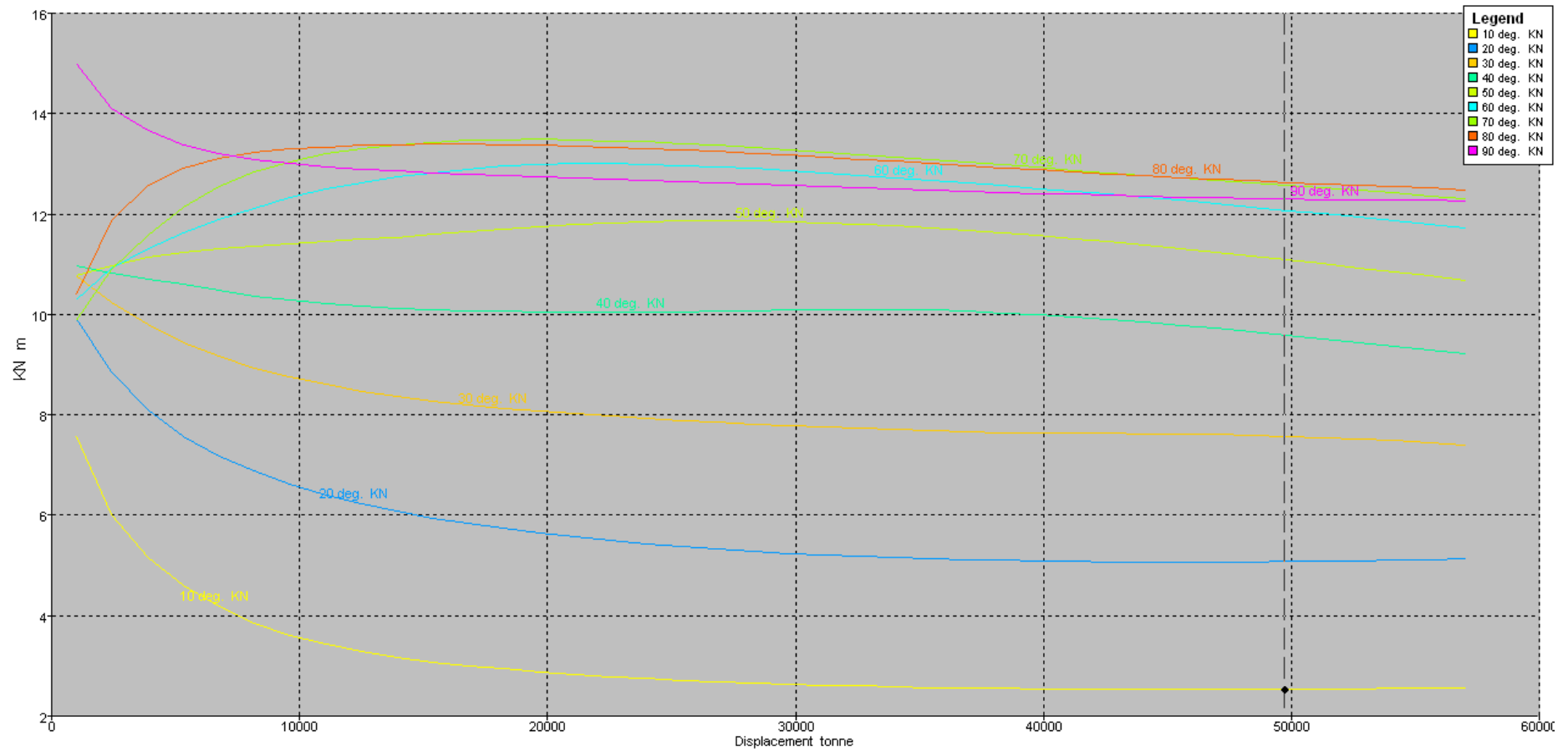
Puesto que el buque en proyecto tiene las escotillas más bajas a la altura de la cubierta de pasillo, será esta la cota en la que se considere como punto de inundación progresiva.

Buque Portacontenedores 1750 TEU's

DESPLAZAMIENTO	10	20	30	40	50	60	70	80	90
57000	2,563	5,128	7,406	9,229	10,679	11,717	12,313	12,488	12,268
55564	2,556	5,115	7,445	9,301	10,763	11,790	12,366	12,515	12,270
54128	2,549	5,103	7,482	9,372	10,846	11,862	12,418	12,543	12,274
52692	2,544	5,093	7,515	9,443	10,929	11,934	12,469	12,571	12,279
51256	2,539	5,084	7,545	9,514	11,010	12,004	12,521	12,601	12,286
49821	2,536	5,077	7,570	9,583	11,090	12,073	12,572	12,630	12,295
48385	2,534	5,073	7,591	9,651	11,168	12,140	12,622	12,661	12,307
46949	2,533	5,070	7,607	9,717	11,243	12,206	12,673	12,694	12,320
45513	2,533	5,069	7,619	9,781	11,315	12,271	12,722	12,729	12,335
44077	2,534	5,071	7,624	9,841	11,385	12,333	12,772	12,765	12,353
42641	2,537	5,074	7,627	9,897	11,452	12,394	12,822	12,802	12,372
41205	2,540	5,081	7,632	9,948	11,515	12,453	12,874	12,842	12,392
39769	2,545	5,089	7,640	9,994	11,574	12,509	12,926	12,883	12,415
38333	2,552	5,101	7,651	10,032	11,628	12,564	12,979	12,924	12,437
36897	2,560	5,116	7,665	10,063	11,678	12,619	13,032	12,966	12,460
35462	2,570	5,133	7,682	10,086	11,722	12,673	13,086	13,008	12,484
34026	2,581	5,154	7,703	10,098	11,761	12,725	13,138	13,050	12,508
32590	2,596	5,179	7,727	10,100	11,793	12,776	13,188	13,090	12,531
31154	2,613	5,208	7,754	10,094	11,821	12,825	13,237	13,131	12,553
29718	2,634	5,241	7,784	10,084	11,844	12,870	13,283	13,170	12,575
28282	2,658	5,280	7,817	10,071	11,860	12,910	13,327	13,207	12,598
26846	2,685	5,324	7,853	10,059	11,869	12,945	13,367	13,242	12,620
25410	2,715	5,374	7,891	10,047	11,866	12,973	13,405	13,273	12,643
23974	2,750	5,432	7,930	10,039	11,853	12,993	13,436	13,302	12,665

Buque Portacontenedores 1750 TEU's

DESPLAZAMIENTO	10	20	30	40	50	60	70	80	90
22538	2,789	5,497	7,972	10,036	11,829	13,001	13,460	13,328	12,688
21103	2,833	5,570	8,016	10,038	11,795	13,000	13,476	13,350	12,711
19667	2,884	5,652	8,068	10,046	11,752	12,985	13,487	13,369	12,736
18231	2,940	5,739	8,122	10,059	11,701	12,950	13,484	13,382	12,762
16795	3,005	5,835	8,186	10,076	11,646	12,897	13,467	13,388	12,790
15359	3,079	5,946	8,264	10,098	11,591	12,824	13,433	13,389	12,820
13923	3,169	6,074	8,358	10,127	11,540	12,735	13,380	13,381	12,854
12487	3,280	6,226	8,471	10,166	11,493	12,629	13,305	13,365	12,895
11051	3,425	6,406	8,603	10,217	11,450	12,495	13,194	13,337	12,945
9615	3,614	6,620	8,756	10,283	11,408	12,325	13,046	13,292	13,009
8179	3,859	6,875	8,938	10,370	11,369	12,123	12,836	13,220	13,093
6744	4,179	7,188	9,158	10,480	11,319	11,893	12,544	13,105	13,212
5308	4,597	7,578	9,444	10,607	11,245	11,627	12,124	12,916	13,386
3872	5,170	8,099	9,812	10,711	11,134	11,313	11,576	12,570	13,658
2436	6,006	8,847	10,233	10,824	10,979	10,910	10,891	11,879	14,107



7. Calibración de tanques

La calibración de los tanques consta de la descripción de capacidades y centros de gravedad del fluido que contiene, así como el momento generado por la superficie libre en los mismos. La nomenclatura seguida es la siguiente:

- Fondo: hace referencia a los tanques del doble fondo
- Central: hace referencia a los tanques situados entre bodegas de carga
- Lateral B/E: hace referencia a los tanques laterales, babor/estribor

Las coordenadas de los respectivos tanques están referidas al punto donde se cruzan la línea base y la perpendicular de proa

	Altura fluído	% Ocupado	Volumen	Xcg	Ycg	Zcg	Mom. Sup libre
Fondo 1	1,8	100	150,9	-155,8	0	2,3	0
	1,766	98	147,9	-155,8	0	2,3	0
	1,7	94,1	142,0	-155,8	0	2,3	217
	1,6	88,1	133,0	-155,8	0	2,2	219
	1,5	82,1	123,9	-155,7	0	2,2	219
	1,4	76,1	114,9	-155,7	0	2,1	219
	1,3	70,2	105,9	-155,6	0	2,1	218
	1,2	64,3	97,0	-155,6	0	2,0	218
	1,1	58,4	88,2	-155,6	0	2,0	217
	1	52,6	79,5	-155,5	0	1,9	217
	0,9	46,9	70,7	-155,5	0	1,9	217
	0,8	41,1	62,1	-155,4	0	1,8	217
	0,7	35,4	53,4	-155,4	0	1,8	216
	0,6	29,7	44,8	-155,3	0	1,7	215
	0,5	24	36,2	-155,2	0	1,7	214
	0,4	18,4	27,7	-155,1	0	1,6	213
	0,3	12,9	19,4	-154,9	0	1,6	203
	0,2	7,8	11,8	-154,8	0	1,5	165
	0,1	3,4	5,1	-154,8	0	1,5	97
	0,034	1	1,5	-154,8	0	1,4	50

Fondo 2	Altura fluído	% Ocupado	Volumen	Xcg	Ycg	Zcg	Mom. Sup libre
	1,8	100,0	218,0	-140,5	0,0	2,4	0,0
	1,8	98,0	213,6	-140,5	0,0	2,4	1469,1
	1,7	93,3	203,4	-140,5	0,0	2,3	1393,0
	1,6	86,7	189,0	-140,5	0,0	2,3	1323,5
	1,5	80,2	174,8	-140,5	0,0	2,2	1249,0
	1,4	73,8	160,9	-140,5	0,0	2,2	1174,3
	1,3	67,5	147,2	-140,6	0,0	2,1	1108,1
	1,2	61,3	133,7	-140,6	0,0	2,1	1047,0
	1,1	55,3	120,5	-140,6	0,0	2,0	987,9
	1,0	49,3	107,4	-140,6	0,0	1,9	928,8
	0,9	43,4	94,6	-140,6	0,0	1,9	867,6
	0,8	37,7	82,1	-140,6	0,0	1,8	802,7
	0,7	32,0	69,8	-140,6	0,0	1,8	732,5
	0,6	26,5	57,9	-140,7	0,0	1,7	655,4
	0,5	21,2	46,3	-140,7	0,0	1,7	569,4
	0,4	16,1	35,2	-140,7	0,0	1,6	470,7
	0,3	11,3	24,7	-140,7	0,0	1,6	353,5
	0,2	6,8	14,9	-140,7	0,0	1,5	210,8
	0,1	2,9	6,3	-140,8	0,0	1,5	112,8
	0,0	1,0	2,2	-141,1	0,0	1,4	0,0

Fondo 3	Altura fluído	% Ocupado	Volumen	Xcg	Ycg	Zcg	Mom. Sup libre
	1,8	100,0	364,2	-126,5	0,0	2,4	0,0
	1,8	98,0	356,8	-126,5	0,0	2,4	9277,3
	1,7	93,4	340,1	-126,4	0,0	2,4	8791,2
	1,6	85,9	312,9	-126,4	0,0	2,3	8222,4
	1,5	78,6	286,3	-126,4	0,0	2,3	7662,6
	1,4	71,5	260,5	-126,4	0,0	2,2	7062,4
	1,3	64,6	235,4	-126,4	0,0	2,2	6424,4
	1,2	58,0	211,1	-126,4	0,0	2,1	5769,4
	1,1	51,5	187,7	-126,4	0,0	2,0	5092,8
	1,0	45,3	165,1	-126,4	0,0	2,0	4452,3
	0,9	39,4	143,5	-126,5	0,0	1,9	3881,7
	0,8	33,7	122,9	-126,5	0,0	1,9	3370,2
	0,7	28,3	103,1	-126,5	0,0	1,8	2898,6
	0,6	23,1	84,2	-126,5	0,0	1,8	2450,5
	0,5	18,2	66,3	-126,6	0,0	1,7	2015,4
	0,4	13,6	49,4	-126,6	0,0	1,6	1585,8

	0,3	9,3	33,7	-126,7	0,0	1,6	1150,2
	0,2	5,3	19,3	-126,8	0,0	1,5	643,9
	0,1	1,8	6,7	-127,3	0,0	1,5	452,2
	0,1	1,0	3,6	-127,9	0,0	1,5	0,0

Fondo 4	Altura fluído	% Ocupado	Volumen	Xcg	Ycg	Zcg	Mom. Sup libre
	1,7	100,0	542,9	-112,7	0,0	2,4	0,0
	1,7	98,0	532,0	-112,7	0,0	2,4	22140,9
	1,7	96,9	526,0	-112,7	0,0	2,4	21679,7
	1,6	90,1	489,1	-112,7	0,0	2,3	21131,6
	1,5	83,4	452,5	-112,6	0,0	2,3	20494,1
	1,4	76,7	416,3	-112,6	0,0	2,2	19753,9
	1,3	70,1	380,5	-112,6	0,0	2,2	18909,8
	1,2	63,6	345,2	-112,6	0,0	2,1	17997,8
	1,1	57,2	310,4	-112,6	0,0	2,1	17022,8
	1,0	50,9	276,3	-112,5	0,0	2,0	15986,9
	0,9	44,7	242,9	-112,5	0,0	2,0	14872,4
	0,8	38,7	210,3	-112,5	0,0	1,9	13673,0
	0,7	32,9	178,5	-112,5	0,0	1,8	12393,9
	0,6	27,2	147,8	-112,4	0,0	1,8	11036,6
	0,5	21,8	118,2	-112,4	0,0	1,7	9589,9
	0,4	16,6	89,9	-112,4	0,0	1,7	8016,7
	0,3	11,6	63,1	-112,3	0,0	1,6	6236,0
	0,2	7,0	38,3	-112,3	0,0	1,6	4095,3
	0,1	3,0	16,0	-112,2	0,0	1,5	2519,9
	0,0	1,0	5,4	-111,9	0,0	1,5	0,0

Fondo 5	Altura fluído	% Ocupado	Volumen	Xcg	Ycg	Zcg	Mom. Sup libre
	1,8	100,0	637,0	-98,9	0,0	2,4	0,0
	1,7	98,0	624,2	-98,9	0,0	2,3	24069,2
	1,7	96,7	616,1	-98,9	0,0	2,3	24069,2
	1,6	90,7	578,0	-98,9	0,0	2,3	24069,2
	1,5	84,8	539,9	-98,9	0,0	2,2	24069,0
	1,4	78,8	501,8	-98,9	0,0	2,2	24042,3
	1,3	72,8	463,8	-98,9	0,0	2,1	23962,0
	1,2	66,8	425,7	-98,9	0,0	2,1	23813,6
	1,1	60,9	387,7	-98,9	0,0	2,0	23551,0
	1,0	54,9	349,9	-98,9	0,0	2,0	23102,1
	0,9	49,0	312,2	-98,9	0,0	1,9	22571,5
	0,8	43,1	274,8	-98,9	0,0	1,9	21943,6

	0,7	37,3	237,7	-98,8	0,0	1,8	21206,2
	0,6	31,5	201,0	-98,8	0,0	1,8	20308,9
	0,5	25,9	164,7	-98,8	0,0	1,7	19224,4
	0,4	20,3	129,1	-98,8	0,0	1,7	17864,8
	0,3	14,8	94,2	-98,7	0,0	1,6	16083,8
	0,2	9,5	60,3	-98,7	0,0	1,6	13418,2
	0,1	4,4	28,0	-98,6	0,0	1,5	9317,0
	0,0	1,0	6,3	-98,2	0,0	1,5	0,0

Fondo 6	Altura fluído	% Ocupado	Volumen	Xcg	Ycg	Zcg	Mom. Sup libre
	1,8	100,0	608,9	-85,1	0,0	2,3	0,0
	1,7	98,0	596,6	-85,1	0,0	2,3	20066,7
	1,7	96,8	589,2	-85,1	0,0	2,3	20066,7
	1,6	90,9	553,3	-85,1	0,0	2,3	20066,7
	1,5	85,0	517,5	-85,1	0,0	2,2	20066,7
	1,4	79,1	481,7	-85,1	0,0	2,2	20066,7
	1,3	73,2	445,8	-85,1	0,0	2,1	20066,7
	1,2	67,3	410,0	-85,1	0,0	2,1	20066,7
	1,1	61,5	374,1	-85,1	0,0	2,0	20066,7
	1,0	55,6	338,3	-85,1	0,0	2,0	20065,9
	0,9	49,7	302,5	-85,1	0,0	1,9	20012,9
	0,8	43,8	266,6	-85,2	0,0	1,9	19870,0
	0,7	37,9	230,9	-85,2	0,0	1,8	19601,3
	0,6	32,1	195,2	-85,2	0,0	1,8	19165,7
	0,5	26,2	159,8	-85,2	0,0	1,7	18460,4
	0,4	20,5	124,7	-85,3	0,0	1,7	17274,3
	0,3	14,8	90,2	-85,3	0,0	1,6	15230,9
	0,2	9,3	56,9	-85,4	0,0	1,6	11741,1
	0,1	4,2	25,6	-85,5	0,0	1,5	6728,7
	0,0	1,0	6,1	-85,7	0,0	1,5	0,0

Fondo 7	Altura fluído	% Ocupado	Volumen	Xcg	Ycg	Zcg	Mom. Sup libre
	1,8	100,0	483,5	-70,6	0,0	2,4	0,0
	1,7	98,0	473,8	-70,6	0,0	2,3	9356,7
	1,7	96,7	467,6	-70,6	0,0	2,3	9356,7
	1,6	90,7	438,5	-70,6	0,0	2,3	9356,7
	1,5	84,7	409,4	-70,6	0,0	2,2	9356,7
	1,4	78,6	380,3	-70,6	0,0	2,2	9356,7
	1,3	72,6	351,2	-70,7	0,0	2,1	9356,7
	1,2	66,6	322,1	-70,7	0,0	2,1	9356,7

	1,1	60,6	293,0	-70,7	0,0	2,0	9356,7
	1,0	54,6	263,9	-70,7	0,0	2,0	9356,7
	0,9	48,6	234,8	-70,7	0,0	1,9	9356,7
	0,8	42,5	205,7	-70,8	0,0	1,9	9356,4
	0,7	36,5	176,6	-70,8	0,0	1,8	9261,1
	0,6	30,5	147,5	-70,9	0,0	1,8	8977,1
	0,5	24,5	118,6	-71,0	0,0	1,7	8388,7
	0,4	18,7	90,3	-71,0	0,0	1,7	7378,5
	0,3	13,0	62,9	-71,2	0,0	1,6	5735,9
	0,2	7,7	37,3	-71,3	0,0	1,6	3141,9
	0,1	3,1	15,2	-71,4	0,0	1,5	1375,4
	0,0	1,0	4,8	-71,4	0,0	1,5	0,0

	Altura fluído	% Ocupado	Volumen	Xcg	Ycg	Zcg	Mom. Sup libre
	1,8	100,0	249,4	-55,8	0,0	2,4	0,0
	1,7	98,0	244,4	-55,8	0,0	2,3	1314,6
	1,7	96,5	240,7	-55,8	0,0	2,3	1314,6
	1,6	90,6	225,9	-55,8	0,0	2,3	1314,6
	1,5	84,6	211,1	-55,8	0,0	2,2	1314,6
	1,4	78,7	196,3	-55,8	0,0	2,2	1314,6
	1,3	72,8	181,5	-55,8	0,0	2,1	1314,6
	1,2	66,8	166,7	-55,8	0,0	2,1	1314,6
	1,1	60,9	151,9	-55,8	0,0	2,0	1314,6
	1,0	55,0	137,2	-55,9	0,0	2,0	1314,6
	0,9	49,1	122,4	-55,9	0,0	1,9	1314,6
	0,8	43,1	107,6	-55,9	0,0	1,9	1314,6
	0,7	37,2	92,8	-55,9	0,0	1,8	1314,6
	0,6	31,3	78,0	-55,9	0,0	1,8	1314,6
	0,5	25,3	63,2	-56,0	0,0	1,7	1314,6
	0,4	19,4	48,4	-56,0	0,0	1,7	1255,1
	0,3	13,5	33,7	-56,2	0,0	1,6	996,7
	0,2	7,9	19,6	-56,3	0,0	1,6	458,1
	0,1	3,1	7,7	-56,3	0,0	1,5	180,2
	0,0	1,0	2,5	-56,1	0,0	1,5	0,0

	Altura fluído	% Ocupado	Volumen	Xcg	Ycg	Zcg	Mom. Sup libre
	1,8	100,0	163,3	-41,0	0,0	2,3	0,0
	1,8	98,0	160,0	-41,0	0,0	2,3	335,9
	1,7	94,7	154,6	-41,0	0,0	2,3	335,9
	1,6	88,8	145,0	-41,0	0,0	2,3	335,9

Buque Portacontenedores 1750 TEU's

	1,5	82,9	135,4	-41,0	0,0	2,2	335,9
	1,4	77,0	125,8	-41,1	0,0	2,2	335,9
	1,3	71,1	116,2	-41,1	0,0	2,1	335,9
	1,2	65,3	106,6	-41,1	0,0	2,1	335,9
	1,1	59,4	97,0	-41,1	0,0	2,0	335,9
	1,0	53,5	87,4	-41,1	0,0	2,0	335,9
	0,9	47,6	77,8	-41,1	0,0	1,9	335,9
	0,8	41,8	68,2	-41,1	0,0	1,8	335,9
	0,7	35,9	58,6	-41,1	0,0	1,8	335,9
	0,6	30,0	49,0	-41,1	0,0	1,7	335,9
	0,5	24,1	39,4	-41,2	0,0	1,7	335,9
	0,4	18,2	29,8	-41,2	0,0	1,6	314,1
	0,3	12,4	20,3	-41,3	0,0	1,6	231,0
	0,2	6,9	11,3	-41,3	0,0	1,5	88,5
	0,1	2,5	4,0	-41,0	0,0	1,5	46,3
	0,1	1,0	1,6	-40,4	0,0	1,4	0,0

Fondo 10	Altura fluído	% Ocupado	Volumen	Xcg	Ycg	Zcg	Mom. Sup libre
	1,8	100,0	132,0	-25,7	0,0	2,4	0,0
	1,8	98,0	129,4	-25,7	0,0	2,3	169,8
	1,7	94,0	124,1	-25,7	0,0	2,3	169,8
	1,6	88,0	116,1	-25,7	0,0	2,3	169,8
	1,5	81,9	108,2	-25,7	0,0	2,2	169,8
	1,4	75,9	100,2	-25,7	0,0	2,2	169,8
	1,3	69,9	92,3	-25,7	0,0	2,1	169,8
	1,2	63,9	84,3	-25,8	0,0	2,1	169,8
	1,1	57,8	76,4	-25,8	0,0	2,0	169,8
	1,0	51,8	68,4	-25,8	0,0	2,0	169,8
	0,9	45,8	60,5	-25,8	0,0	1,9	169,8
	0,8	39,8	52,5	-25,9	0,0	1,9	169,8
	0,7	33,8	44,6	-25,9	0,0	1,8	169,1
	0,6	27,7	36,6	-26,0	0,0	1,7	161,1
	0,5	21,8	28,7	-26,1	0,0	1,7	141,9
	0,4	16,0	21,1	-26,2	0,0	1,6	108,2
	0,3	10,6	14,0	-26,3	0,0	1,6	59,5
	0,2	6,0	7,9	-26,4	0,0	1,5	23,7
	0,1	2,4	3,2	-26,4	0,0	1,5	11,9
	0,0	1,0	1,3	-26,3	0,0	1,4	0,0

Central 1	Altura fluído	% Ocupado	Volumen	Xcg	Ycg	Zcg	Mom. Sup libre
-----------	---------------	-----------	---------	-----	-----	-----	----------------

	8,2	100,0	305,1	-147,0	0,0	7,6	0,0
	8,1	98,0	299,0	-147,0	0,0	7,6	1336,1
	8,0	97,3	297,0	-147,0	0,0	7,5	1336,1
	7,5	90,6	276,6	-147,0	0,0	7,3	1336,1
	7,0	84,0	256,2	-147,0	0,0	7,0	1336,1
	6,5	77,3	235,8	-147,0	0,0	6,8	1336,1
	6,0	70,6	215,4	-147,0	0,0	6,5	1336,1
	5,5	63,9	195,0	-147,0	0,0	6,3	1336,1
	5,0	57,2	174,6	-147,0	0,0	6,0	1336,1
	4,5	50,5	154,2	-147,0	0,0	5,8	1336,1
	4,0	43,8	133,8	-147,0	0,0	5,5	1336,1
	3,5	37,2	113,4	-147,0	0,0	5,2	1336,1
	3,0	30,5	93,0	-147,0	0,0	5,0	1336,1
	2,5	23,8	72,6	-147,0	0,0	4,7	1336,1
	2,0	17,1	52,2	-147,0	0,0	4,4	956,8
	1,5	10,6	32,3	-147,0	0,0	4,1	238,2
	1,0	5,6	17,2	-147,0	0,0	3,7	88,2
	0,5	2,6	7,9	-147,0	0,0	3,5	75,4
	0,2	1,0	3,1	-147,0	0,0	3,3	0,0

	Altura fluido	% Ocupado	Volumen	Xcg	Ycg	Zcg	Mom. Sup libre
	8,2	100,0	333,5	-132,5	0,0	7,3	0,0
	8,0	98,0	326,8	-132,5	0,0	7,2	1336,1
	8,0	97,6	325,3	-132,5	0,0	7,2	1336,1
	7,5	91,4	304,9	-132,5	0,0	7,0	1336,1
	7,0	85,3	284,5	-132,5	0,0	6,7	1336,1
	6,5	79,2	264,1	-132,5	0,0	6,5	1336,1
	6,0	73,1	243,7	-132,5	0,0	6,2	1336,1
	5,5	67,0	223,3	-132,5	0,0	6,0	1336,1
	5,0	60,8	202,9	-132,5	0,0	5,7	1336,1
	4,5	54,7	182,5	-132,5	0,0	5,5	1336,1
	4,0	48,6	162,1	-132,5	0,0	5,2	1336,1
	3,5	42,5	141,7	-132,5	0,0	5,0	1336,1
	3,0	36,4	121,3	-132,5	0,0	4,7	1336,1
	2,5	30,3	100,9	-132,5	0,0	4,5	1336,1
	2,0	24,1	80,5	-132,5	0,0	4,2	1336,1
	1,5	18,0	60,1	-132,5	0,0	4,0	1336,1
	1,0	11,9	39,7	-132,5	0,0	3,7	1336,1
	0,5	5,8	19,3	-132,5	0,0	3,5	958,9

Central 3	Altura fluído	% Ocupado	Volumen	Xcg	Ycg	Zcg	Mom. Sup libre
	8,2	100,0	334,6	-118,0	0,0	7,3	0,0
	8,0	98,0	327,8	-118,0	0,0	7,2	1336,1
	8,0	97,6	326,4	-118,0	0,0	7,2	1336,1
	7,5	91,5	306,0	-118,0	0,0	7,0	1336,1
	7,0	85,4	285,6	-118,0	0,0	6,7	1336,1
	6,5	79,3	265,2	-118,0	0,0	6,5	1336,1
	6,0	73,2	244,8	-118,0	0,0	6,2	1336,1
	5,5	67,1	224,4	-118,0	0,0	6,0	1336,1
	5,0	61,0	204,0	-118,0	0,0	5,7	1336,1
	4,5	54,9	183,6	-118,0	0,0	5,5	1336,1
	4,0	48,8	163,2	-118,0	0,0	5,2	1336,1
	3,5	42,7	142,8	-118,0	0,0	5,0	1336,1
	3,0	36,6	122,4	-118,0	0,0	4,7	1336,1
	2,5	30,5	102,0	-118,0	0,0	4,5	1336,1
	2,0	24,4	81,6	-118,0	0,0	4,2	1336,1
	1,5	18,3	61,2	-118,0	0,0	4,0	1336,1
	1,0	12,2	40,8	-118,0	0,0	3,7	1336,1
	0,5	6,1	20,4	-118,0	0,0	3,5	1336,1
	0,1	1,0	3,3	-118,0	0,0	3,2	0,0

Central 4	Altura fluído	% Ocupado	Volumen	Xcg	Ycg	Zcg	Mom. Sup libre
	8,2	100,0	334,6	-103,5	0,0	7,3	0,0
	8,0	98,0	327,8	-103,5	0,0	7,2	1336,1
	8,0	97,6	326,4	-103,5	0,0	7,2	1336,1
	7,5	91,5	306,0	-103,5	0,0	7,0	1336,1
	7,0	85,4	285,6	-103,5	0,0	6,7	1336,1
	6,5	79,3	265,2	-103,5	0,0	6,5	1336,1
	6,0	73,2	244,8	-103,5	0,0	6,2	1336,1
	5,5	67,1	224,4	-103,5	0,0	6,0	1336,1
	5,0	61,0	204,0	-103,5	0,0	5,7	1336,1
	4,5	54,9	183,6	-103,5	0,0	5,5	1336,1
	4,0	48,8	163,2	-103,5	0,0	5,2	1336,1
	3,5	42,7	142,8	-103,5	0,0	5,0	1336,1
	3,0	36,6	122,4	-103,5	0,0	4,7	1336,1
	2,5	30,5	102,0	-103,5	0,0	4,5	1336,1
	2,0	24,4	81,6	-103,5	0,0	4,2	1336,1
	1,5	18,3	61,2	-103,5	0,0	4,0	1336,1
	1,0	12,2	40,8	-103,5	0,0	3,7	1336,1

Buque Portacontenedores 1750 TEU's

	0,5	6,1	20,4	-103,5	0,0	3,5	1336,1
	0,1	1,0	3,3	-103,5	0,0	3,2	0,0

Central 5	Altura fluído	% Ocupado	Volumen	Xcg	Ycg	Zcg	Mom. Sup libre
	8,2	100,0	334,6	-89,0	0,0	7,3	0,0
	8,0	98,0	327,8	-89,0	0,0	7,2	1336,1
	8,0	97,6	326,4	-89,0	0,0	7,2	1336,1
	7,5	91,5	306,0	-89,0	0,0	7,0	1336,1
	7,0	85,4	285,6	-89,0	0,0	6,7	1336,1
	6,5	79,3	265,2	-89,0	0,0	6,5	1336,1
	6,0	73,2	244,8	-89,0	0,0	6,2	1336,1
	5,5	67,1	224,4	-89,0	0,0	6,0	1336,1
	5,0	61,0	204,0	-89,0	0,0	5,7	1336,1
	4,5	54,9	183,6	-89,0	0,0	5,5	1336,1
	4,0	48,8	163,2	-89,0	0,0	5,2	1336,1
	3,5	42,7	142,8	-89,0	0,0	5,0	1336,1
	3,0	36,6	122,4	-89,0	0,0	4,7	1336,1
	2,5	30,5	102,0	-89,0	0,0	4,5	1336,1
	2,0	24,4	81,6	-89,0	0,0	4,2	1336,1
	1,5	18,3	61,2	-89,0	0,0	4,0	1336,1
	1,0	12,2	40,8	-89,0	0,0	3,7	1336,1
	0,5	6,1	20,4	-89,0	0,0	3,5	1336,1
	0,1	1,0	3,3	-89,0	0,0	3,2	0,0

Central 6	Altura fluído	% Ocupado	Volumen	Xcg	Ycg	Zcg	Mom. Sup libre
	8,2	100,0	334,6	-74,5	0,0	7,3	0,0
	8,0	98,0	327,8	-74,5	0,0	7,2	1336,1
	8,0	97,6	326,4	-74,5	0,0	7,2	1336,1
	7,5	91,5	306,0	-74,5	0,0	7,0	1336,1
	7,0	85,4	285,6	-74,5	0,0	6,7	1336,1
	6,5	79,3	265,2	-74,5	0,0	6,5	1336,1
	6,0	73,2	244,8	-74,5	0,0	6,2	1336,1
	5,5	67,1	224,4	-74,5	0,0	6,0	1336,1
	5,0	61,0	204,0	-74,5	0,0	5,7	1336,1
	4,5	54,9	183,6	-74,5	0,0	5,5	1336,1
	4,0	48,8	163,2	-74,5	0,0	5,2	1336,1
	3,5	42,7	142,8	-74,5	0,0	5,0	1336,1
	3,0	36,6	122,4	-74,5	0,0	4,7	1336,1

	2,5	30,5	102,0	-74,5	0,0	4,5	1336,1
	2,0	24,4	81,6	-74,5	0,0	4,2	1336,1
	1,5	18,3	61,2	-74,5	0,0	4,0	1336,1
	1,0	12,2	40,8	-74,5	0,0	3,7	1336,1
	0,5	6,1	20,4	-74,5	0,0	3,5	1336,1
	0,1	1,0	3,3	-74,5	0,0	3,2	0,0

Central 7	Altura fluído	% Ocupado	Volumen	Xcg	Ycg	Zcg	Mom. Sup libre
	8,2	100,0	334,6	-60,0	0,0	7,3	0,0
	8,0	98,0	327,8	-60,0	0,0	7,2	1336,1
	8,0	97,6	326,4	-60,0	0,0	7,2	1336,1
	7,5	91,5	306,0	-60,0	0,0	7,0	1336,1
	7,0	85,4	285,6	-60,0	0,0	6,7	1336,1
	6,5	79,3	265,2	-60,0	0,0	6,5	1336,1
	6,0	73,2	244,8	-60,0	0,0	6,2	1336,1
	5,5	67,1	224,4	-60,0	0,0	6,0	1336,1
	5,0	61,0	204,0	-60,0	0,0	5,7	1336,1
	4,5	54,9	183,6	-60,0	0,0	5,5	1336,1
	4,0	48,8	163,2	-60,0	0,0	5,2	1336,1
	3,5	42,7	142,8	-60,0	0,0	5,0	1336,1
	3,0	36,6	122,4	-60,0	0,0	4,7	1336,1
	2,5	30,5	102,0	-60,0	0,0	4,5	1336,1
	2,0	24,4	81,6	-60,0	0,0	4,2	1336,1
	1,5	18,3	61,2	-60,0	0,0	4,0	1336,1
	1,0	12,2	40,8	-60,0	0,0	3,7	1336,1
	0,5	6,1	20,4	-60,0	0,0	3,5	1336,1
	0,1	1,0	3,3	-60,0	0,0	3,2	0,0

Central 8	Altura fluído	% Ocupado	Volumen	Xcg	Ycg	Zcg	Mom. Sup libre
	8,2	100,0	333,0	-45,5	0,0	7,3	0,0
	8,0	98,0	326,3	-45,5	0,0	7,2	1336,1
	8,0	97,5	324,9	-45,5	0,0	7,2	1336,1
	7,5	91,4	304,5	-45,5	0,0	7,0	1336,1
	7,0	85,3	284,1	-45,5	0,0	6,7	1336,1
	6,5	79,2	263,7	-45,5	0,0	6,5	1336,1
	6,0	73,0	243,3	-45,5	0,0	6,2	1336,1
	5,5	66,9	222,9	-45,5	0,0	6,0	1336,1
	5,0	60,8	202,5	-45,5	0,0	5,7	1336,1

	4,5	54,7	182,1	-45,5	0,0	5,5	1336,1
	4,0	48,5	161,7	-45,5	0,0	5,2	1336,1
	3,5	42,4	141,3	-45,5	0,0	5,0	1336,1
	3,0	36,3	120,9	-45,5	0,0	4,7	1336,1
	2,5	30,2	100,5	-45,5	0,0	4,5	1336,1
	2,0	24,0	80,1	-45,5	0,0	4,2	1336,1
	1,5	17,9	59,7	-45,5	0,0	4,0	1336,1
	1,0	11,8	39,3	-45,5	0,0	3,7	1216,5
	0,5	5,7	19,1	-45,5	0,0	3,5	1004,1
	0,1	1,0	3,3	-45,5	0,0	3,2	0,0

Central 9	Altura fluido	% Ocupado	Volumen	Xcg	Ycg	Zcg	Mom. Sup libre
	8,2	100,0	299,5	-31,0	0,0	7,6	0,0
	8,1	98,0	293,5	-31,0	0,0	7,5	1336,1
	8,0	97,3	291,4	-31,0	0,0	7,5	1336,1
	7,5	90,5	271,0	-31,0	0,0	7,2	1336,1
	7,0	83,7	250,6	-31,0	0,0	7,0	1336,1
	6,5	76,8	230,2	-31,0	0,0	6,7	1336,1
	6,0	70,0	209,8	-31,0	0,0	6,4	1336,1
	5,5	63,2	189,4	-31,0	0,0	6,2	1305,4
	5,0	56,4	169,0	-31,0	0,0	5,9	1207,1
	4,5	49,7	149,0	-31,0	0,0	5,6	1095,2
	4,0	43,3	129,6	-31,0	0,0	5,3	987,6
	3,5	37,0	110,8	-31,0	0,0	5,1	885,4
	3,0	31,0	92,7	-31,0	0,0	4,8	789,5
	2,5	25,1	75,3	-31,0	0,0	4,5	700,4
	2,0	19,5	58,5	-31,0	0,0	4,2	614,3
	1,5	14,2	42,4	-31,0	0,0	4,0	502,1
	1,0	9,1	27,2	-31,0	0,0	3,7	396,5
	0,5	4,3	13,0	-31,0	0,0	3,5	320,1
	0,1	1,0	3,0	-31,0	0,0	3,3	0,0

Lateral B1	Altura fluido	% Ocupado	Volumen	Xcg	Ycg	Zcg	Mom. Sup libre
	7,736	100,000	109,954	-140,514	-10,746	7,941	0,000
	7,597	98,000	107,744	-140,509	-10,746	7,872	1,649
	7,500	96,600	106,191	-140,505	-10,746	7,823	1,649
	7,000	89,300	98,216	-140,485	-10,745	7,572	1,649
	6,500	82,100	90,241	-140,462	-10,745	7,321	1,649

	6,000	74,800	82,266	-140,434	-10,744	7,069	1,649
	5,500	67,600	74,291	-140,400	-10,744	6,818	1,649
	5,000	60,300	66,316	-140,358	-10,743	6,565	1,649
	4,500	53,100	58,341	-140,305	-10,742	6,313	1,649
	4,000	45,800	50,366	-140,234	-10,741	6,059	1,649
	3,500	38,600	42,391	-140,137	-10,739	5,804	1,649
	3,000	31,300	34,416	-139,995	-10,736	5,547	1,649
	2,500	24,000	26,441	-139,767	-10,732	5,286	1,649
	2,000	16,800	18,466	-139,343	-10,724	5,014	1,556
	1,500	9,600	10,526	-138,303	-10,706	4,712	0,981
	1,000	3,800	4,171	-136,573	-10,681	4,375	0,473
	0,580	1,000	1,100	-135,197	-10,616	4,088	0,377
	0,500	0,700	0,744	-134,951	-10,589	4,032	0,000

Lateral E1	Altura fluído	% Ocupado	Volumen	Xcg	Ycg	Zcg	Mom. Sup libre
	7,7	100,0	110,0	-140,5	10,7	7,9	0,0
	7,6	98,0	107,7	-140,5	10,7	7,9	1,6
	7,5	96,6	106,2	-140,5	10,7	7,8	1,6
	7,0	89,3	98,2	-140,5	10,7	7,6	1,6
	6,5	82,1	90,2	-140,5	10,7	7,3	1,6
	6,0	74,8	82,3	-140,4	10,7	7,1	1,6
	5,5	67,6	74,3	-140,4	10,7	6,8	1,6
	5,0	60,3	66,3	-140,4	10,7	6,6	1,6
	4,5	53,1	58,3	-140,3	10,7	6,3	1,6
	4,0	45,8	50,4	-140,2	10,7	6,1	1,6
	3,5	38,6	42,4	-140,1	10,7	5,8	1,6
	3,0	31,3	34,4	-140,0	10,7	5,5	1,6
	2,5	24,0	26,4	-139,8	10,7	5,3	1,6
	2,0	16,8	18,5	-139,3	10,7	5,0	1,6
	1,5	9,6	10,5	-138,3	10,7	4,7	1,0
	1,0	3,8	4,2	-136,6	10,7	4,4	0,5
	0,6	1,0	1,1	-135,2	10,6	4,1	0,4
	0,5	0,7	0,7	-135,0	10,6	4,0	0,0

Lateral B2	Altura fluído	% Ocupado	Volumen	Xcg	Ycg	Zcg	Mom. Sup libre
	8,2	100,0	128,5	-126,2	-10,7	7,4	0,0

	8,0	98,0	125,9	-126,2	-10,7	7,3	1,6
	8,0	97,5	125,3	-126,2	-10,7	7,3	1,6
	7,5	91,3	117,3	-126,2	-10,7	7,0	1,6
	7,0	85,1	109,3	-126,1	-10,7	6,8	1,6
	6,5	78,9	101,4	-126,1	-10,7	6,5	1,6
	6,0	72,7	93,4	-126,1	-10,7	6,3	1,6
	5,5	66,5	85,4	-126,1	-10,7	6,0	1,6
	5,0	60,3	77,4	-126,1	-10,7	5,8	1,6
	4,5	54,1	69,5	-126,1	-10,7	5,5	1,6
	4,0	47,9	61,5	-126,1	-10,7	5,3	1,6
	3,5	41,6	53,5	-126,0	-10,7	5,0	1,6
	3,0	35,4	45,5	-126,0	-10,7	4,8	1,6
	2,5	29,2	37,6	-125,9	-10,7	4,5	1,6
	2,0	23,0	29,6	-125,9	-10,7	4,3	1,6
	1,5	16,8	21,6	-125,7	-10,7	4,0	1,6
	1,0	10,6	13,6	-125,4	-10,7	3,7	1,5
	0,5	4,5	5,8	-124,5	-10,7	3,5	1,0
	0,1	1,0	1,3	-123,4	-10,7	3,3	0,0

	Altura fluído	% Ocupado	Volumen	Xcg	Ycg	Zcg	Mom. Sup libre
	8,2	100,0	128,5	-126,2	10,7	7,4	0,0
	8,0	98,0	125,9	-126,2	10,7	7,3	1,6
	8,0	97,5	125,3	-126,2	10,7	7,3	1,6
	7,5	91,3	117,3	-126,2	10,7	7,0	1,6
	7,0	85,1	109,3	-126,1	10,7	6,8	1,6
	6,5	78,9	101,4	-126,1	10,7	6,5	1,6
	6,0	72,7	93,4	-126,1	10,7	6,3	1,6
	5,5	66,5	85,4	-126,1	10,7	6,0	1,6
	5,0	60,3	77,4	-126,1	10,7	5,8	1,6
	4,5	54,1	69,5	-126,1	10,7	5,5	1,6
	4,0	47,9	61,5	-126,1	10,7	5,3	1,6
	3,5	41,6	53,5	-126,0	10,7	5,0	1,6
	3,0	35,4	45,5	-126,0	10,7	4,8	1,6
	2,5	29,2	37,6	-125,9	10,7	4,5	1,6
	2,0	23,0	29,6	-125,9	10,7	4,3	1,6
	1,5	16,8	21,6	-125,7	10,7	4,0	1,6
	1,0	10,6	13,6	-125,4	10,7	3,7	1,5
	0,5	4,5	5,8	-124,5	10,7	3,5	1,0
	0,1	1,0	1,3	-123,4	10,7	3,3	0,0

Lateral E1

Lateral B3	Altura fluído	% Ocupado	Volumen	Xcg	Ycg	Zcg	Mom. Sup libre
	8,2	100,0	130,8	-111,8	-10,8	7,3	0,0
	8,0	98,0	128,2	-111,8	-10,8	7,2	1,6
	8,0	97,6	127,6	-111,8	-10,8	7,2	1,6
	7,5	91,5	119,6	-111,8	-10,8	7,0	1,6
	7,0	85,4	111,7	-111,8	-10,8	6,7	1,6
	6,5	79,3	103,7	-111,8	-10,8	6,5	1,6
	6,0	73,2	95,7	-111,8	-10,8	6,2	1,6
	5,5	67,1	87,7	-111,8	-10,8	6,0	1,6
	5,0	61,0	79,8	-111,8	-10,8	5,7	1,6
	4,5	54,9	71,8	-111,8	-10,8	5,5	1,6
	4,0	48,8	63,8	-111,8	-10,8	5,2	1,6
	3,5	42,7	55,8	-111,8	-10,8	5,0	1,6
	3,0	36,6	47,9	-111,8	-10,8	4,7	1,6
	2,5	30,5	39,9	-111,8	-10,8	4,5	1,6
	2,0	24,4	31,9	-111,8	-10,8	4,2	1,6
	1,5	18,3	23,9	-111,8	-10,8	4,0	1,6
	1,0	12,2	16,0	-111,8	-10,8	3,7	1,6
	0,5	6,1	8,0	-111,8	-10,8	3,5	1,6
	0,1	1,0	1,3	-111,8	-10,8	3,2	0,0

Lateral E3	Altura fluído	% Ocupado	Volumen	Xcg	Ycg	Zcg	Mom. Sup libre
	8,2	100,0	130,8	-111,8	10,8	7,3	0,0
	8,0	98,0	128,2	-111,8	10,8	7,2	1,6
	8,0	97,6	127,6	-111,8	10,8	7,2	1,6
	7,5	91,5	119,6	-111,8	10,8	7,0	1,6
	7,0	85,4	111,7	-111,8	10,8	6,7	1,6
	6,5	79,3	103,7	-111,8	10,8	6,5	1,6
	6,0	73,2	95,7	-111,8	10,8	6,2	1,6
	5,5	67,1	87,7	-111,8	10,8	6,0	1,6
	5,0	61,0	79,8	-111,8	10,8	5,7	1,6
	4,5	54,9	71,8	-111,8	10,8	5,5	1,6
	4,0	48,8	63,8	-111,8	10,8	5,2	1,6
	3,5	42,7	55,8	-111,8	10,8	5,0	1,6
	3,0	36,6	47,9	-111,8	10,8	4,7	1,6
	2,5	30,5	39,9	-111,8	10,8	4,5	1,6
	2,0	24,4	31,9	-111,8	10,8	4,2	1,6
	1,5	18,3	23,9	-111,8	10,8	4,0	1,6
	1,0	12,2	16,0	-111,8	10,8	3,7	1,6

Buque Portacontenedores 1750 TEU's

	0,5	6,1	8,0	-111,8	10,8	3,5	1,6
	0,1	1,0	1,3	-111,8	10,8	3,2	0,0

Lateral B4	Altura fluído	% Ocupado	Volumen	Xcg	Ycg	Zcg	Mom. Sup libre
	8,2	100,0	130,8	-97,3	-10,8	7,3	0,0
	8,0	98,0	128,2	-97,3	-10,8	7,2	1,6
	8,0	97,6	127,6	-97,3	-10,8	7,2	1,6
	7,5	91,5	119,6	-97,3	-10,8	7,0	1,6
	7,0	85,4	111,7	-97,3	-10,8	6,7	1,6
	6,5	79,3	103,7	-97,3	-10,8	6,5	1,6
	6,0	73,2	95,7	-97,3	-10,8	6,2	1,6
	5,5	67,1	87,7	-97,3	-10,8	6,0	1,6
	5,0	61,0	79,8	-97,3	-10,8	5,7	1,6
	4,5	54,9	71,8	-97,3	-10,8	5,5	1,6
	4,0	48,8	63,8	-97,3	-10,8	5,2	1,6
	3,5	42,7	55,8	-97,3	-10,8	5,0	1,6
	3,0	36,6	47,9	-97,3	-10,8	4,7	1,6
	2,5	30,5	39,9	-97,3	-10,8	4,5	1,6
	2,0	24,4	31,9	-97,3	-10,8	4,2	1,6
	1,5	18,3	23,9	-97,3	-10,8	4,0	1,6
	1,0	12,2	16,0	-97,3	-10,8	3,7	1,6
	0,5	6,1	8,0	-97,3	-10,8	3,5	1,6
	0,1	1,0	1,3	-97,3	-10,8	3,2	0,0

Lateral E4	Altura fluído	% Ocupado	Volumen	Xcg	Ycg	Zcg	Mom. Sup libre
	8,2	100,0	130,8	-97,3	10,8	7,3	0,0
	8,0	98,0	128,2	-97,3	10,8	7,2	1,6
	8,0	97,6	127,6	-97,3	10,8	7,2	1,6
	7,5	91,5	119,6	-97,3	10,8	7,0	1,6
	7,0	85,4	111,7	-97,3	10,8	6,7	1,6
	6,5	79,3	103,7	-97,3	10,8	6,5	1,6
	6,0	73,2	95,7	-97,3	10,8	6,2	1,6
	5,5	67,1	87,7	-97,3	10,8	6,0	1,6
	5,0	61,0	79,8	-97,3	10,8	5,7	1,6
	4,5	54,9	71,8	-97,3	10,8	5,5	1,6
	4,0	48,8	63,8	-97,3	10,8	5,2	1,6
	3,5	42,7	55,8	-97,3	10,8	5,0	1,6
	3,0	36,6	47,9	-97,3	10,8	4,7	1,6

	2,5	30,5	39,9	-97,3	10,8	4,5	1,6
	2,0	24,4	31,9	-97,3	10,8	4,2	1,6
	1,5	18,3	23,9	-97,3	10,8	4,0	1,6
	1,0	12,2	16,0	-97,3	10,8	3,7	1,6
	0,5	6,1	8,0	-97,3	10,8	3,5	1,6
	0,1	1,0	1,3	-97,3	10,8	3,2	0,0

Lateral B5	Altura fluído	% Ocupado	Volumen	Xcg	Ycg	Zcg	Mom. Sup libre
	8,2	100,0	130,8	-82,8	-10,8	7,3	0,0
	8,0	98,0	128,2	-82,8	-10,8	7,2	1,6
	8,0	97,6	127,6	-82,8	-10,8	7,2	1,6
	7,5	91,5	119,6	-82,8	-10,8	7,0	1,6
	7,0	85,4	111,7	-82,8	-10,8	6,7	1,6
	6,5	79,3	103,7	-82,8	-10,8	6,5	1,6
	6,0	73,2	95,7	-82,8	-10,8	6,2	1,6
	5,5	67,1	87,7	-82,8	-10,8	6,0	1,6
	5,0	61,0	79,8	-82,8	-10,8	5,7	1,6
	4,5	54,9	71,8	-82,8	-10,8	5,5	1,6
	4,0	48,8	63,8	-82,8	-10,8	5,2	1,6
	3,5	42,7	55,8	-82,8	-10,8	5,0	1,6
	3,0	36,6	47,9	-82,8	-10,8	4,7	1,6
	2,5	30,5	39,9	-82,8	-10,8	4,5	1,6
	2,0	24,4	31,9	-82,8	-10,8	4,2	1,6
	1,5	18,3	23,9	-82,8	-10,8	4,0	1,6
	1,0	12,2	16,0	-82,8	-10,8	3,7	1,6
	0,5	6,1	8,0	-82,8	-10,8	3,5	1,6
	0,1	1,0	1,3	-82,8	-10,8	3,2	0,0

Lateral E5	Altura fluído	% Ocupado	Volumen	Xcg	Ycg	Zcg	Mom. Sup libre
	8,2	100,0	130,8	-82,8	10,8	7,3	0,0
	8,0	98,0	128,2	-82,8	10,8	7,2	1,6
	8,0	97,6	127,6	-82,8	10,8	7,2	1,6
	7,5	91,5	119,6	-82,8	10,8	7,0	1,6
	7,0	85,4	111,7	-82,8	10,8	6,7	1,6
	6,5	79,3	103,7	-82,8	10,8	6,5	1,6
	6,0	73,2	95,7	-82,8	10,8	6,2	1,6
	5,5	67,1	87,7	-82,8	10,8	6,0	1,6
	5,0	61,0	79,8	-82,8	10,8	5,7	1,6

	4,5	54,9	71,8	-82,8	10,8	5,5	1,6
	4,0	48,8	63,8	-82,8	10,8	5,2	1,6
	3,5	42,7	55,8	-82,8	10,8	5,0	1,6
	3,0	36,6	47,9	-82,8	10,8	4,7	1,6
	2,5	30,5	39,9	-82,8	10,8	4,5	1,6
	2,0	24,4	31,9	-82,8	10,8	4,2	1,6
	1,5	18,3	23,9	-82,8	10,8	4,0	1,6
	1,0	12,2	16,0	-82,8	10,8	3,7	1,6
	0,5	6,1	8,0	-82,8	10,8	3,5	1,6
	0,1	1,0	1,3	-82,8	10,8	3,2	0,0

Lateral B6	Altura fluído	% Ocupado	Volumen	Xcg	Ycg	Zcg	Mom. Sup libre
	8,2	100,0	130,8	-68,3	-10,8	7,3	0,0
	8,0	98,0	128,2	-68,3	-10,8	7,2	1,6
	8,0	97,6	127,6	-68,3	-10,8	7,2	1,6
	7,5	91,5	119,6	-68,3	-10,8	7,0	1,6
	7,0	85,4	111,7	-68,3	-10,8	6,7	1,6
	6,5	79,3	103,7	-68,3	-10,8	6,5	1,6
	6,0	73,2	95,7	-68,3	-10,8	6,2	1,6
	5,5	67,1	87,7	-68,3	-10,8	6,0	1,6
	5,0	61,0	79,8	-68,3	-10,8	5,7	1,6
	4,5	54,9	71,8	-68,3	-10,8	5,5	1,6
	4,0	48,8	63,8	-68,3	-10,8	5,2	1,6
	3,5	42,7	55,8	-68,3	-10,8	5,0	1,6
	3,0	36,6	47,9	-68,3	-10,8	4,7	1,6
	2,5	30,5	39,9	-68,3	-10,8	4,5	1,6
	2,0	24,4	31,9	-68,3	-10,8	4,2	1,6
	1,5	18,3	23,9	-68,3	-10,8	4,0	1,6
	1,0	12,2	16,0	-68,3	-10,8	3,7	1,6
	0,5	6,1	8,0	-68,3	-10,8	3,5	1,6
	0,1	1,0	1,3	-68,3	-10,8	3,2	0,0

Lateral E6	Altura fluído	% Ocupado	Volumen	Xcg	Ycg	Zcg	Mom. Sup libre
	8,2	100,0	130,8	-68,3	10,8	7,3	0,0
	8,0	98,0	128,2	-68,3	10,8	7,2	1,6
	8,0	97,6	127,6	-68,3	10,8	7,2	1,6
	7,5	91,5	119,6	-68,3	10,8	7,0	1,6
	7,0	85,4	111,7	-68,3	10,8	6,7	1,6

Buque Portacontenedores 1750 TEU's

	6,5	79,3	103,7	-68,3	10,8	6,5	1,6
	6,0	73,2	95,7	-68,3	10,8	6,2	1,6
	5,5	67,1	87,7	-68,3	10,8	6,0	1,6
	5,0	61,0	79,8	-68,3	10,8	5,7	1,6
	4,5	54,9	71,8	-68,3	10,8	5,5	1,6
	4,0	48,8	63,8	-68,3	10,8	5,2	1,6
	3,5	42,7	55,8	-68,3	10,8	5,0	1,6
	3,0	36,6	47,9	-68,3	10,8	4,7	1,6
	2,5	30,5	39,9	-68,3	10,8	4,5	1,6
	2,0	24,4	31,9	-68,3	10,8	4,2	1,6
	1,5	18,3	23,9	-68,3	10,8	4,0	1,6
	1,0	12,2	16,0	-68,3	10,8	3,7	1,6
	0,5	6,1	8,0	-68,3	10,8	3,5	1,6
	0,1	1,0	1,3	-68,3	10,8	3,2	0,0

Lateral B7	Altura fluido	% Ocupado	Volumen	Xcg	Ycg	Zcg	Mom. Sup libre
	8,2	100,0	125,6	-53,9	-10,7	7,5	0,0
	8,0	98,0	123,1	-53,9	-10,7	7,4	1,6
	8,0	97,5	122,4	-53,9	-10,7	7,4	1,6
	7,5	91,1	114,4	-53,9	-10,7	7,1	1,6
	7,0	84,8	106,4	-54,0	-10,7	6,9	1,6
	6,5	78,4	98,5	-54,0	-10,7	6,6	1,6
	6,0	72,1	90,5	-54,0	-10,7	6,3	1,6
	5,5	65,7	82,5	-54,0	-10,7	6,1	1,6
	5,0	59,4	74,5	-54,1	-10,7	5,8	1,6
	4,5	53,0	66,6	-54,1	-10,7	5,6	1,6
	4,0	46,7	58,6	-54,1	-10,7	5,3	1,6
	3,5	40,3	50,6	-54,2	-10,7	5,1	1,6
	3,0	34,0	42,6	-54,3	-10,7	4,8	1,6
	2,5	27,6	34,7	-54,4	-10,7	4,6	1,6
	2,0	21,3	26,7	-54,6	-10,7	4,3	1,6
	1,5	14,9	18,7	-54,9	-10,7	4,0	1,5
	1,0	8,9	11,2	-55,5	-10,7	3,8	1,1
	0,5	3,7	4,7	-56,4	-10,7	3,5	0,8
	0,2	1,0	1,3	-57,1	-10,7	3,3	0,0

Lateral E7	Altura fluido	% Ocupado	Volumen	Xcg	Ycg	Zcg	Mom. Sup libre
	8,2	100,0	125,6	-53,9	10,7	7,5	0,0

	8,0	98,0	123,1	-53,9	10,7	7,4	1,6
	8,0	97,5	122,4	-53,9	10,7	7,4	1,6
	7,5	91,1	114,4	-53,9	10,7	7,1	1,6
	7,0	84,8	106,4	-54,0	10,7	6,9	1,6
	6,5	78,4	98,5	-54,0	10,7	6,6	1,6
	6,0	72,1	90,5	-54,0	10,7	6,3	1,6
	5,5	65,7	82,5	-54,0	10,7	6,1	1,6
	5,0	59,4	74,5	-54,1	10,7	5,8	1,6
	4,5	53,0	66,6	-54,1	10,7	5,6	1,6
	4,0	46,7	58,6	-54,1	10,7	5,3	1,6
	3,5	40,3	50,6	-54,2	10,7	5,1	1,6
	3,0	34,0	42,6	-54,3	10,7	4,8	1,6
	2,5	27,6	34,7	-54,4	10,7	4,6	1,6
	2,0	21,3	26,7	-54,6	10,7	4,3	1,6
	1,5	14,9	18,7	-54,9	10,7	4,0	1,5
	1,0	8,9	11,2	-55,5	10,7	3,8	1,1
	0,5	3,7	4,7	-56,4	10,7	3,5	0,8
	0,2	1,0	1,3	-57,1	10,7	3,3	0,0

	Altura fluído	% Ocupado	Volumen	Xcg	Ycg	Zcg	Mom. Sup libre
	7,6	100,0	80,3	-40,3	-10,7	8,7	0,0
	7,5	98,7	79,2	-40,3	-10,7	8,6	0,0
	7,5	98,0	78,7	-40,4	-10,7	8,6	1,6
	7,0	88,8	71,2	-40,5	-10,7	8,4	1,6
	6,5	78,8	63,3	-40,6	-10,7	8,1	1,6
	6,0	68,9	55,3	-40,8	-10,7	7,8	1,6
	5,5	59,0	47,4	-41,1	-10,7	7,5	1,5
	5,0	49,4	39,6	-41,4	-10,7	7,2	1,4
	4,5	40,2	32,3	-41,8	-10,7	6,9	1,3
	4,0	31,7	25,5	-42,2	-10,7	6,6	1,2
	3,5	24,1	19,3	-42,6	-10,7	6,3	1,0
	3,0	17,4	14,0	-43,1	-10,6	5,9	0,8
	2,5	11,6	9,4	-43,6	-10,6	5,6	0,6
	2,0	7,0	5,6	-44,1	-10,6	5,3	0,4
	1,5	3,4	2,7	-44,6	-10,5	4,9	0,1
	1,0	1,2	0,9	-45,1	-10,4	4,6	0,1
	0,9	1,0	0,8	-45,2	-10,4	4,5	0,0
	0,5	0,2	0,1	-45,7	-10,3	4,2	0,0

Lateral E8	Altura fluído	% Ocupado	Volumen	Xcg	Ycg	Zcg	Mom. Sup libre
	7,6	100,0	80,3	-40,3	10,7	8,7	0,0
	7,5	98,7	79,2	-40,3	10,7	8,6	0,0
	7,5	98,0	78,7	-40,4	10,7	8,6	1,6
	7,0	88,8	71,2	-40,5	10,7	8,4	1,6
	6,5	78,8	63,3	-40,6	10,7	8,1	1,6
	6,0	68,9	55,3	-40,8	10,7	7,8	1,6
	5,5	59,0	47,4	-41,1	10,7	7,5	1,5
	5,0	49,4	39,6	-41,4	10,7	7,2	1,4
	4,5	40,2	32,3	-41,8	10,7	6,9	1,3
	4,0	31,7	25,5	-42,2	10,7	6,6	1,2
	3,5	24,1	19,3	-42,6	10,7	6,3	1,0
	3,0	17,4	14,0	-43,1	10,6	5,9	0,8
	2,5	11,6	9,4	-43,6	10,6	5,6	0,6
	2,0	7,0	5,6	-44,1	10,6	5,3	0,4
	1,5	3,4	2,7	-44,6	10,5	4,9	0,1
	1,0	1,2	0,9	-45,1	10,4	4,6	0,1
	0,9	1,0	0,8	-45,2	10,4	4,5	0,0
	0,5	0,2	0,1	-45,7	10,3	4,2	

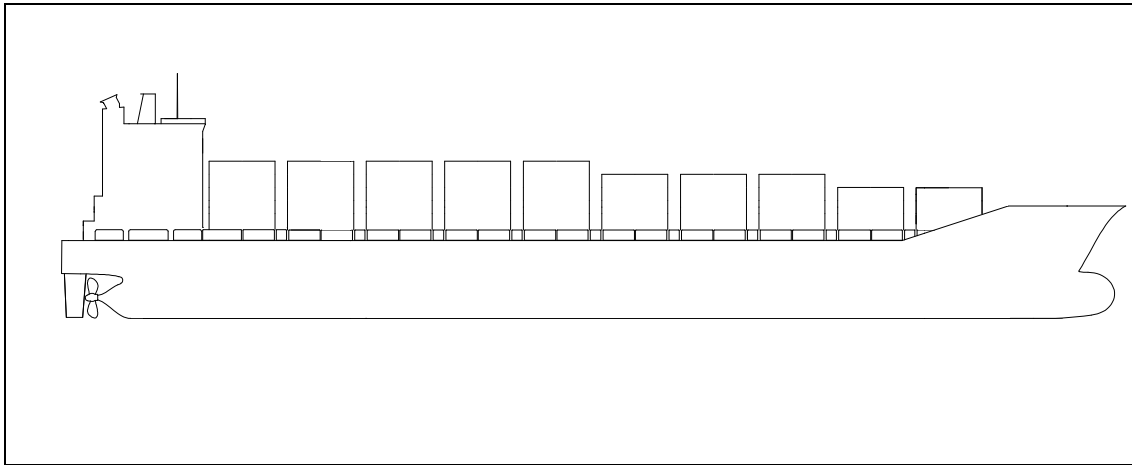
8. Acrónimos

Lpp	Eslora entre perpendiculares
B	Manga
T	Calado de proyecto
Cb	Coeficiente de bloque
Cm	Coeficiente de la maestra
Cf	Coeficiente de la flotación
Cp	Coeficiente prismático
Xcf	Situación longitudinal centro de flotación
KM	Altura del metacentro
H _x	Altura punto protuberancia máxima
X _c	Abscisa punto protuberancia máxima



Cuaderno 6

Predicción de Potencia. Diseño de Propulsor y Timón



Portacontenedores 1750 TEUS

Proyecto Nº 012

Realizado por:

Ismael Fernández Gil

Especificaciones del proyecto

PROYECTO NÚMERO: CA5

TIPO DE BUQUE: Portacontenedores

CAPACIDAD DE CARGA: 1750 TEU's (120 refrigerados)

PESO MUERTO: 21000 TM

SOCIEDAD DE CLASIFICACIÓN: Lloyd's Register

REGLAMENTOS: Solas, Marpol, Convenio Líneas de carga

VELOCIDAD: 22 nudos al 85% MCR en pruebas

AUTONOMÍA: 12000 millas al 90% MCR y 15% de margen de mar

TRIPULACIÓN: 25 personas

Índice.

1. Introducción.....	3
2. Estimación de la potencia.....	4
3. Proyecto de la hélice.....	6
3.1 Características del conjunto propulsivo.....	6
3.2 Propulsor óptimo.....	7
4. Potencia propulsora.....	16
5. Cálculo del timón.....	17
5.1 Criterios para el cálculo.....	17
5.2 Límites de variación de los parámetros.....	18
5.3 Proyecto del timón.....	19
5.4 Ley de espesores.....	25
5.5 Superficie de compensación.....	27
5.6 Fuerzas aplicadas en el timón.....	28
5.7 Centro de presiones.....	29
6. Servomotor	30
7. Perfil del codaste.....	31
8. Acrónimos.....	33
Anexo.....	34

1. Introducción

Este cuaderno define el equipo propulsor del buque, determinando en primer lugar las necesidades de potencia del buque para poder alcanzar los requerimientos de la velocidad de servicio. Para ello se fija la velocidad requerida a las condiciones dadas y posteriormente se define el propulsor. A continuación se definirá el equipo de gobierno determinando el timón que llevará el buque con el servo correspondiente.

La especificación de proyecto exige al buque una velocidad en pruebas de 22 kn funcionando el motor al 85 % de su potencia de placa y navegando el barco en condiciones de pruebas. La herramienta utilizada para determinar la potencia necesaria será el módulo “hullspeed” de maxsurf, una vez determinada la potencia a instalar se diseñará la hélice y posteriormente se hará lo mismo con el timón.

Los criterios para la selección del equipo propulsor siguen los pasos tradicionales que buscan un sistema que reúna robustez, bajo coste de instalación y mantenimiento, baja propensión a averías y alto rendimiento.

Para definir el propulsor se utiliza la serie BB del Canal de Wageningen, y por último se calculará el timón óptimo siguiendo las directrices proporcionadas por D. Antonio Baquero en su Tesis Doctoral.

2. Estimación de la potencia

La estimación de la resistencia al avance de un buque es un problema de gran complejidad matemática, para llegar a un resultado fiable han de ser tenidos en cuenta fenómenos de turbulencia, rugosidad del casco, formas de la obra viva, etc. En consecuencia nos encontramos con dos alternativas para poder estimar el equipo propulsor a instalar a bordo, la primera se apoya en ensayos de canal haciendo uso de las correlaciones modelo-buque, mientras que la segunda se basa en una amplia y contrastada información estadística.

En este caso se ha optado por el método de Holtrop-Menen, desarrollado a partir de una amplia base de datos de ensayos de remolque y autopropulsión, el cual resulta ser el procedimiento más adecuado para esta etapa del proyecto.

La resistencia al avance esta dividida en las siguientes componentes [Ref 7]:

$$R_T = R_V + R_{AP} + R_W + R_B + R_{TR} + R_A$$

Siendo:

- R_V : Resistencia de fricción.
- R_{AP} : Resistencia debida a los apéndices.
- R_W : Resistencia por formación de olas.
- R_B : Resistencia de presión debida al bulbo.
- R_{TR} : Resistencia debida a la inmersión del espejo de popa.
- R_A : Resistencia por corrección modelo buque.

La curva de resistencia total puede ser obtenida a partir del modulo “HYDROMAX” de “MAXSURF”. Los datos precisados son los siguientes, obtenidos de las formas del buque, en cuadernos anteriores.

Datos generales	
Lpp	183,3 m
Manga	27,7 m
Calado	9,04 m
Desplazamiento	32112 Ton
Superficie mojada	5920,5 m ²

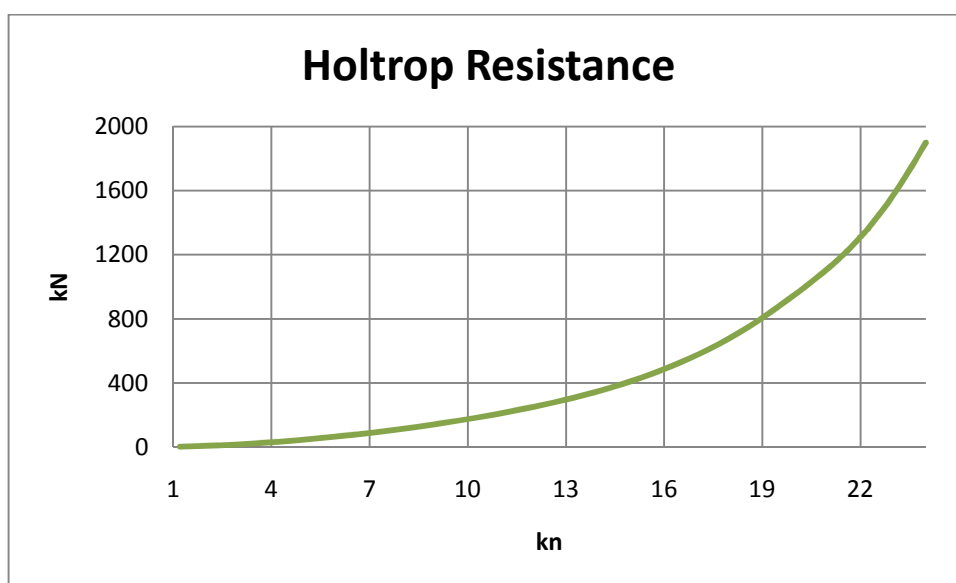
Coeficiente prismático	0,715
Coeficiente de la flotación	0,875
Semiángulo ataque en la flotación	23,71°

Datos del bulbo	
Área transversal en la perpendicular de proa	8,567 m ²
Altura máxima del bulbo	8,71 m

Como se puede ver en los resultados presentados a continuación, la resistencia al avance y la potencia necesaria a la velocidad de pruebas son:

$$R = 1310,92 \text{ kN}$$

Aumentando la resistencia a medida que aumenta la velocidad de la siguiente manera:



Obteniendo de aquí la resistencia al remolque [Ref 4]:

$$EHP = R_T \cdot v \cdot \frac{1,359 \text{ cv}}{kW}$$

Siendo:

R_T : Resistencia al avance en kN
 V : Velocidad en m/s

$$EHP = 20168 \text{ cv}$$

3. Proyecto de la hélice

3.1 Características del conjunto propulsivo

El hecho que el buque en proyecto no requería de una gran maniobrabilidad ni una elevada velocidad de servicio serán factores determinantes en el de tipo de sistema propulsivo a instalar. En un principio, y a falta de estudiar la cavitación se optará por un motor de dos tiempos alimentado con HFO, y que irá directamente acoplado a la hélice.

La solución más económica es instalar una única línea de ejes. El calado del buque permitirá la instalación de una hélice capaz de absorber la potencia entregada por el motor. El calado mínimo condiciona el diámetro máximo de la hélice para evitar problemas de cavitación y la capacidad de absorber la potencia requerida. Si el calado es demasiado bajo, hay que instalar varias líneas de ejes permitiendo un menor diámetros de la hélice.

La disminución de maniobrabilidad como consecuencia de la instalación de una única línea de ejes, será suplida con la instalación de una hélice de maniobra en proa. Incrementando así la maniobrabilidad en situaciones como las de puerto.

En cuanto a la hélice, y usando como referencia la base de datos con la que se cuenta, se elige que esta tenga paso fijo. A pesar de que no existe una norma definida en la elección del número de palas, se debe procurar que el número de cilindros y el número de palas no sean múltiplos, evitando así que aparezcan resonancias en las vibraciones. Además el rendimiento de la hélice aumenta al disminuir el número de palas.

Una vez determinada las características de la hélice, se hará un estudio de los huelgos, y fijarlos según los requerimientos de la sociedad de clasificación.

3.2 Propulsor óptimo.

Los requisitos que ha de cumplir la hélice son los siguientes:

- Propulsar al buque para que este alcance la velocidad deseada ofreciendo un rendimiento máximo.
- La resistencia estructural debe de ser tal que permita a la hélice funcionar soportando los esfuerzos a los que se ve sometida, sin riesgo de fracturas en sus palas o en el cabezote.
- No deben aparecer fenómenos de cavitación, y en caso de presentarse estos efectos han de ser reducidos a límites admisibles. Para ello se aplicará el criterio de Keller, determinando así el valor mínimo admisible de la relación A_D/A_O

El cálculo del propulsor óptimo se determinará utilizando el método de series sistemáticas para el proyecto de la hélice directamente acoplada al motor. El proceso de cálculo consiste en la obtención, para un intervalo de revoluciones, el rendimiento del propulsor, seleccionando aquellas que den un rendimiento mayor.

El proceso se inicia calculando la relación área disco mínima que no produce cavitación, haciendo uso del criterio de Keller [Ref 4].

$$\left(\frac{A_D}{A_O}\right)_{MIN} = \frac{(1,3 + 0,3 \cdot Z) \cdot T}{(1026 \cdot h + 10100) \cdot D^2} + 0,2$$

Siendo:

Z: Número de palas.

T: Empuje en kg.

D: Diámetro de la hélice en m.

h: Profundidad a la que se encuentra la línea de ejes en m.

Para poder calcular esta relación mínima, se ha de hallar primero el coeficiente de succión y el coeficiente de estela para obtener el empuje. Para calcular estos coeficientes se emplearán métodos estadísticos. Estos métodos pueden ser mejorados para incrementar la veracidad de los resultados, pero en esta fase inicial del proyecto los valores obtenidos serán considerados lo suficientemente precisos.

Para un buque con una hélice y las formas del codaste convencional, como es el caso del buque en proyecto, el coeficiente de esta viene dado por [Ref 6]:

$$w = C_9 \cdot C_v \cdot \frac{L_{wl}}{T} \cdot \left(0,0661875 + 1,21756 \cdot C_{11} \cdot \frac{C_v}{1 - C_{p1}} \right) + 0,24558 \cdot \sqrt{\frac{B}{L \cdot (1 - C_p)}} - \frac{0,09726}{0,95 - C_p} + \frac{0,11434}{0,95 - C_b} + 0,75 \cdot C_{strern} \cdot C_v + 0,002 \cdot C_{stern}$$

Y para el coeficiente de succión la expresión a utilizar es [Ref 6]:

$$t = 0,001979 \cdot \frac{L_{wl}}{B - B \cdot C_{p1}} + 1,0585 \cdot C_{10} - 0,00524 - 0,1418 \cdot \frac{D^2}{B \cdot T} + 0,0015 \cdot C_{stern}$$

Para obtener el resultado de estas expresiones se hará uso del programa “MIOR.EXE”, que además da como dato de salida la resistencia al avance, pudiendo cotejar este resultado con el obtenido en el módulo “HYDROMAX” de “MAXSURF”.

Los datos de entrada, para la salida de los datos requeridos son los siguientes:

Datos de entrada	
Velocidad punto de diseño	22
Número de palas	4
Número de líneas de ejes	1
Altura de la línea de ejes	5200
Revoluciones máximas	110
Revoluciones mínimas	105

Incremento de revoluciones	1
Rugosidad del propulsor	30 μ
Rendimiento línea de eje	99 %
Margen de potencia	85 %
Criterio de cavitación	Keller
Tipo de propulsor	Serie B de Wageningen

De donde, extrayendo los datos requeridos:

- Coeficiente de estela:

$$w = 0,2148$$

- Coeficiente de succión:

$$t = 0,1962$$

- Rendimiento rotativo relativo:

$$\eta_{rr} = 1,0111$$

Con estos datos se puede calcular el rendimiento del casco, necesario para obtener el rendimiento propulsivo, quedando [Ref 4]:

$$\eta_H = \frac{1 - t}{1 - w} = 1,029$$

El empuje, dato necesario a la hora de calcular la relación A_D/A_O de la hélice para que no se produzca cavitación, viene dado por la expresión [Ref 4]:

$$T = \frac{R}{1 - t}$$

Resultando:

$$T = 1630,9 \text{ kN}$$

A continuación, variando la velocidad de la hélice, y con los valores seleccionados de A_D/A_O y las gráficas $B_p-\delta$, se pueden obtener los valores del rendimiento y la relación H/D de la hélice en función de la velocidad de giro para distintos diámetros.

Las gráficas han de ser abordadas calculando el valor de [Ref 4]:

$$\delta_1 = \frac{n \cdot D}{v_A}$$

Siendo:

n: velocidad de giro de la hélice en rpm..

D: Diámetro de la hélice en pies.

v_A : Velocidad de avance.

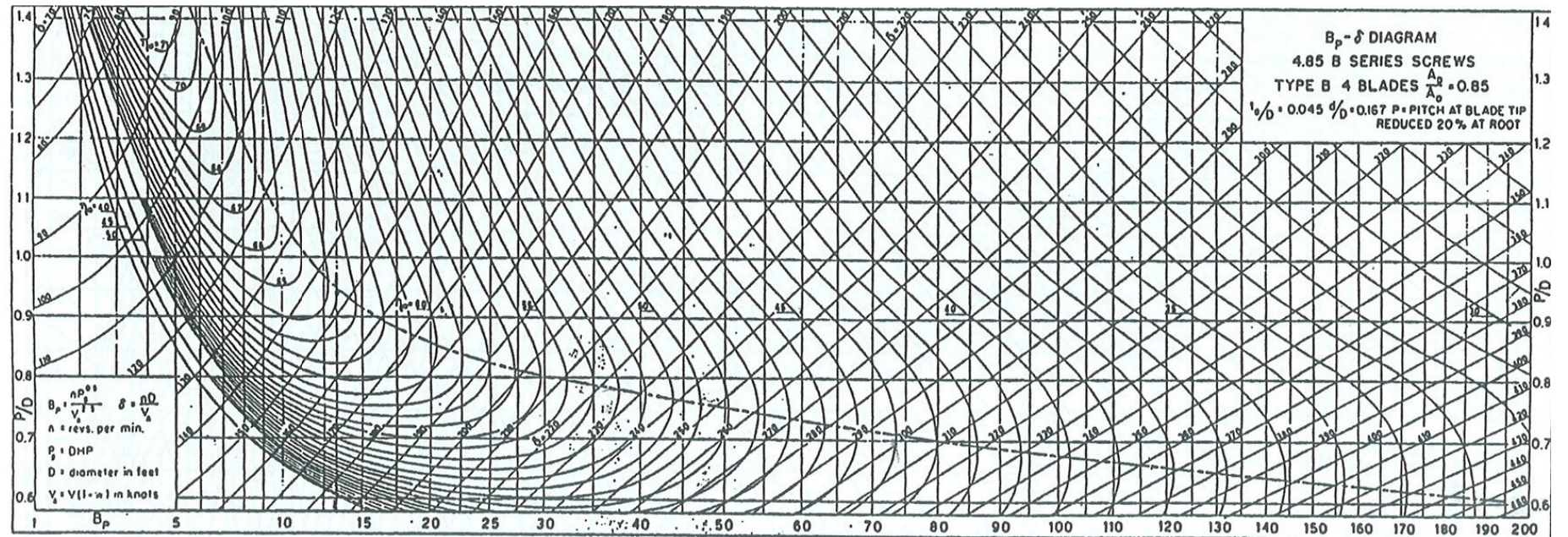
El proceso es como sigue:

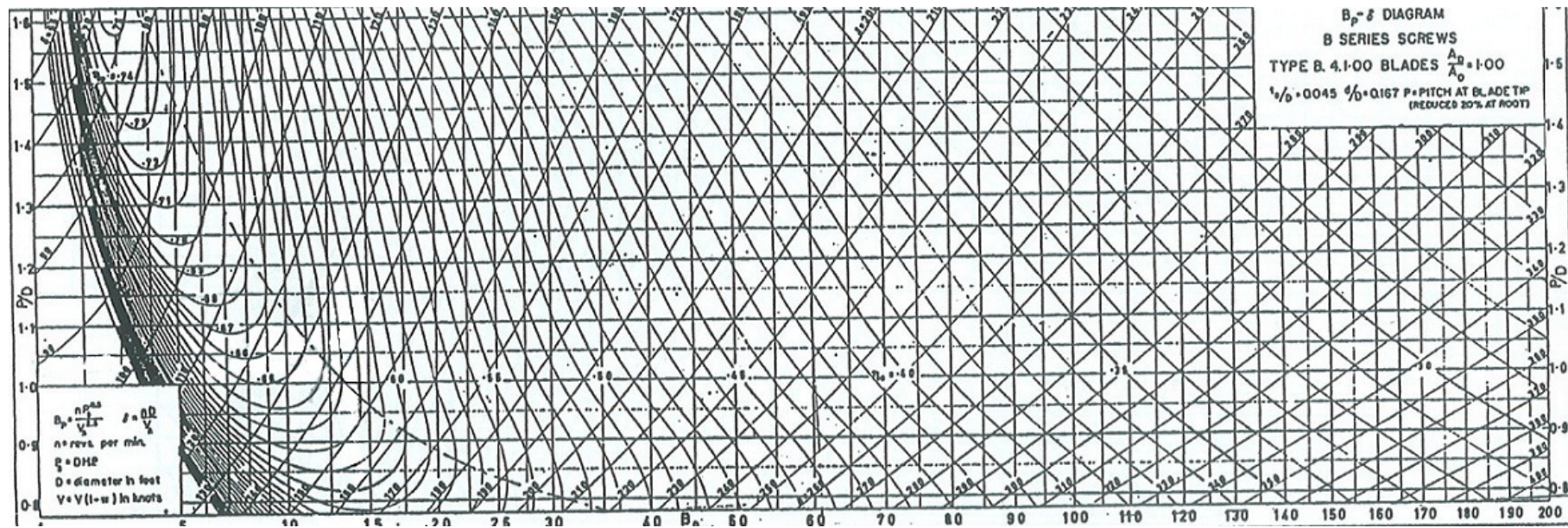
Se entra en la gráfica con [Ref 4]:

$$\delta_0 = \frac{\delta_1}{0,96}$$

Hasta la línea de máximo rendimiento. En el eje de abscisas se lee el valor de B_p , y se vuelve a entrar en la gráfica, pero esta vez con el valor de δ_1 , hallándose así la relación paso diámetro correspondiente a δ_1 y B_p . De esta manera la hélice trabajara en una zona en la que pequeñas variaciones de las revoluciones apenas implicarán variaciones del rendimiento.

Con los valores definitivos de δ_1 y B_p se obtiene la relación paso diámetro y el rendimiento de la hélice.





Valor que permite, mediante el método de Keller, calcular el valor mínimo de la relación área-disco que no produce cavitación.

Realizando una variación del diámetro de la hélice, y de sus revoluciones se han obtenido las siguientes tablas, correspondientes en a la relación área disco 0,85 y 1. El diámetro ha sido maximizado al alojamiento de hélice en el codaste, y para el caso de las revoluciones, se ha escogido como limites de variación los encontrados en la base de datos.

D	n	A_D/A_O	δ_1	δ_O	Bp	H/D	η	$(A_D/A_O)_{min}$	Cavita
6,7	90	0,85	132	138	11,6	1,10	0,639	0,8019	NO CAVITA
6,7	95	0,85	140	145	13,3	1,02	0,632	0,8019	NO CAVITA
6,7	100	0,85	147	153	15,0	1,00	0,624	0,8019	NO CAVITA
6,7	105	0,85	154	161	16,6	0,97	0,610	0,8019	NO CAVITA
6,7	110	0,85	162	168	20,0	0,94	0,593	0,8019	NO CAVITA
6,7	115	0,85	169	176	21,6	0,92	0,588	0,8019	NO CAVITA

D	n	A_D/A_O	δ_1	δ_O	Bp	H/D	η	$(A_D/A_O)_{min}$	Cavita
6,9	90	0,85	136	142	13,3	1,03	0,641	0,7675	NO CAVITA
6,9	95	0,85	144	150	14,2	1,00	0,639	0,7675	NO CAVITA
6,9	100	0,85	151	158	16,6	0,98	0,620	0,7675	NO CAVITA
6,9	105	0,85	159	165	18,3	0,97	0,609	0,7675	NO CAVITA
6,9	110	0,85	166	173	20,0	0,94	0,593	0,7675	NO CAVITA
6,9	115	0,85	174	181	21,6	0,92	0,588	0,7675	NO CAVITA

D	n	A_D/A_O	δ_1	δ_O	Bp	H/D	η	$(A_D/A_O)_{min}$	Cavita
7,1	90	0,85	140	146	13,3	1,03	0,632	0,7360	NO CAVITA
7,1	95	0,85	148	154	15,8	0,98	0,620	0,7360	NO CAVITA
7,1	100	0,85	156	162	16,6	0,95	0,613	0,7360	NO CAVITA
7,1	105	0,85	163	170	18,3	0,94	0,602	0,7360	NO CAVITA
7,1	110	0,85	171	178	20,0	0,91	0,586	0,7360	NO CAVITA
7,1	115	0,85	179	186	21,6	0,89	0,581	0,7360	NO CAVITA

D	n	A_D/A_O	δ_1	δ_O	Bp	H/D	η	$(A_D/A_O)_{min}$	Cavita
7,2	90	0,85	136	142	14,2	1,00	0,630	0,7212	NO CAVITA
7,2	95	0,85	144	150	15,8	0,98	0,624	0,7212	NO CAVITA
7,2	100	0,85	151	158	18,3	0,93	0,614	0,7212	NO CAVITA

7,2	105	0,85	159	165	20,0	0,92	0,603	0,7212	NO CAVITA
7,2	110	0,85	166	173	21,7	0,89	0,587	0,7212	NO CAVITA
7,2	115	0,85	174	181	23,3	0,87	0,582	0,7212	NO CAVITA

D	n	AD/AO	δ_1	δ_O	Bp	H/D	η	(AD/AO) _{min}	Cavita
6,7	85	1,00	125	130	13,3	1,15	0,638	0,8019	NO CAVITA
6,7	90	1,00	132	138	14,1	1,12	0,632	0,8019	NO CAVITA
6,7	95	1,00	140	145	15,8	1,02	0,624	0,8019	NO CAVITA
6,7	100	1,00	147	153	18,3	0,91	0,612	0,8019	NO CAVITA
6,7	105	1,00	154	161	19,9	0,87	0,602	0,8019	NO CAVITA
6,7	110	1,00	162	168	21,6	0,84	0,586	0,8019	NO CAVITA

D	n	AD/AO	δ_1	δ_O	Bp	H/D	η	(AD/AO) _{min}	Cavita
6,9	90	1,00	136	142	13,3	1,15	0,620	0,7675	NO CAVITA
6,9	95	1,00	144	150	15,0	1,05	0,612	0,7675	NO CAVITA
6,9	100	1,00	151	158	17,5	0,94	0,600	0,7675	NO CAVITA
6,9	105	1,00	159	165	19,1	0,90	0,590	0,7675	NO CAVITA
6,9	110	1,00	166	173	20,8	0,87	0,574	0,7675	NO CAVITA
6,9	115	1,00	174	181	25,0	0,85	0,569	0,7675	NO CAVITA

D	n	AD/AO	δ_1	δ_O	Bp	H/D	η	(AD/AO) _{min}	Cavita
7,1	90	1,00	140	146	15,0	1,05	0,612	0,7360	NO CAVITA
7,1	95	1,00	148	154	16,7	0,95	0,604	0,7360	NO CAVITA
7,1	100	1,00	156	162	19,2	0,84	0,592	0,7360	NO CAVITA
7,1	105	1,00	163	170	20,8	0,80	0,582	0,7360	NO CAVITA
7,1	110	1,00	171	178	22,5	0,77	0,566	0,7360	NO CAVITA
7,1	115	1,00	179	186	26,7	0,75	0,561	0,7360	NO CAVITA

D	n	A _D /A _O	δ_1	δ_O	Bp	H/D	η	(A _D /A _O) _{min}	Cavita
7,2	90	1,00	142	148	16,7	0,95	0,600	0,7212	NO CAVITA
7,2	95	1,00	150	156	18,4	0,85	0,592	0,7212	NO CAVITA
7,2	100	1,00	158	164	20,9	0,74	0,580	0,7212	NO CAVITA
7,2	105	1,00	166	173	22,5	0,70	0,570	0,7212	NO CAVITA
7,2	110	1,00	174	181	24,2	0,67	0,554	0,7212	NO CAVITA
7,2	115	1,00	182	189	28,4	0,65	0,549	0,7212	NO CAVITA

Las características de la hélice elegida son:

c	n	A_D/A_0	H/D	η	$(A_D/A_0)_{min}$
6,9	90	0,85	1,03	0,641	0,7675

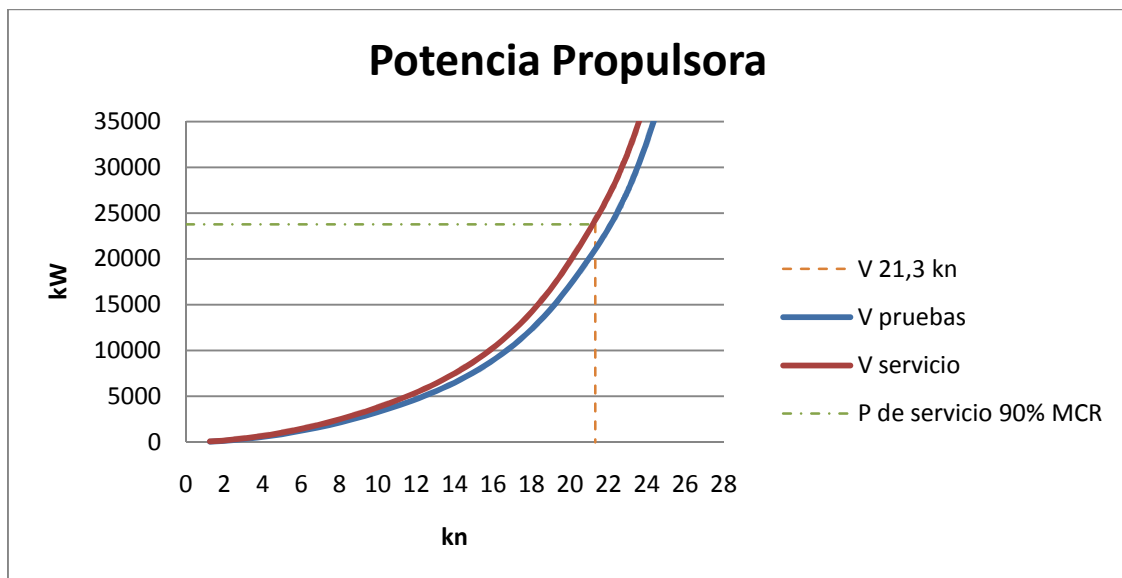
4. Potencia propulsora.

El motor principal elegido tendrá que proporcionar, al 85 % de su MCR, la potencia necesaria para alcanzar los 22 nudos especificados en la condición de pruebas. Puesto que la EHP es 20168 CV, y considerando un 1 % de pérdida en línea de ejes y que trabaja al 85 % de la MCR [Ref 4]:

$$BHP = \frac{EHP}{\eta_{prop}} = \frac{20168}{0,99 \cdot 0,85 \cdot 0,641 \cdot 1,011 \cdot 1,029} = 35940,5 \text{ CV}$$

De modo que la MCR del motor es 26.434 kW.

El cálculo de la velocidad de servicio se basa en multiplicar la gráfica Potencia-Velocidad en pruebas, por el margen de servicio que indica la especificación (15%) obteniéndose la curva de potencia de servicio, de la cual se puede calcular la velocidad de servicio sabiendo que la potencia de servicio es al 90% de MCR. Con ello la velocidad de servicio es 21,3 kn, con una potencia asociada de 23790 kW.



5. Cálculo del timón

El cálculo de la geometría del timón se realizará siguiendo las directrices expuestas por el Sr. Don Antonio Baquero en su tesis doctoral, “Proyecto de Timones Marinos”.

Los parámetros principales que definen la geometría del timón son su altura (h), cuerda media (c), espesor e, relación de espesor ($E = e/c$), relación de aspecto ($\lambda = h/c$), y el área del timón (A_R).

5.1 Criterios para el cálculo

El timón se proyecta buscando conseguir unas cualidades de maniobrabilidad adecuadas para el buque, esto es, unos valores aceptables de evolución, estabilidad de ruta y facilidad de cambio de rumbo.

La facilidad de evolución, definida como la capacidad del buque para responder ante acciones del timón, se evalúa mediante la relación entre el diámetro de giro, D y la eslora entre perpendiculares, Lpp. Para buques con un coeficiente de bloque intermedio, como es el caso del buque en proyecto, dicha relación viene definida por [Ref 7]:

$$\frac{D}{L_{pp}} \leq 7.2 - 5 \cdot C_b$$

Donde al sustituir, el diámetro de giro requerido es:

$$D \leq 682,6 \text{ m}$$

La estabilidad de ruta o capacidad para mantener el rumbo con el menor accionamiento posible del timón, está caracterizada por la anchura del ciclo de histéresis en la maniobra de espiral de Dieudonné. Se considera que el buque posee estabilidad de ruta si tal anchura no es superior a 4°, lo que equivale a que el valor $1/T_m$ sea mayor que 0,305, siendo T_m el índice que representa en la ecuación de Nomoto la rapidez de respuesta del sistema.

La facilidad de cambio de rumbo es la capacidad para realizar cambios moderados de trayectoria, posición y rumbo con espacio y tiempo reducidos, su evaluación se basa en dos conceptos:

- a. Número P de Norrbín, que es el ángulo de rumbo girado por unidad de caña empleado, una vez navegada una eslora desde el accionamiento del timón. El valor del número P de Norrbín debe ser mayor que 0,2, lo que equivale a establecer que el buque cambia de rumbo más de 7 grados cuando el ángulo del timón es de 35 grados y el buque ha navegado una eslora después de accionar el timón.
- b. Avance que mide la respuesta en longitud del giro del buque. La relación de avance/eslora, debe ser menor o igual a 4.2 para cualquier tipo de buque, dada la importancia del avance, sobre todo en las maniobras anicolisión. Considerando que la Lpp es de 184 m, ha de cumplirse [Ref 7]:

$$\frac{Av}{184} \leq 4.2$$

$$Av \leq 772,8 \text{ m}$$

5.2 Límites de variación de los parámetros

Para los distintos parámetros se tomarán los siguientes valores, aconsejados por D. Antonio Baquero:

- a. Altura del timón, h

A la hora de elegir la altura del timón hay que tener en cuenta que no conviene acercar demasiado el timón a la bovedilla por entrar la parte alta de la pala en una zona de velocidades muy bajas, desaprovechándose área. Parece que un valor aceptable de la distancia entre el canto alto del timón y la bovedilla ha de ser, al menos de un 6 % del vano total del codaste medido a la altura de la mecha del timón, H. La distancia entre el canto bajo del

timón y la línea de quilla puede tomarse igual a $0,08 \cdot H$ [Ref 7]. Así ha de ser:

$$h \leq 0,86 \cdot H$$

b. Relación de aspecto del timón, λ

Esta relación de aspecto ha de estar limitada por un lado para evitar que el par en la mecha del timón sea excesivo, y por otro para que no se produzca desprendimiento de flujo. Siendo estos límites [Ref 7]:

$$1,4 < \lambda < 2,0$$

c. Relación de espesor del timón, E

Timones con un espesor demasiado grande, produce un efecto nocivo sobre el funcionamiento de la hélice, puesto que el flujo de salida de la misma se ve bloqueado por el propio timón. Los límites adecuados son [Ref 7]:

$$0,15 < E < 0,23$$

5.3 Proyecto del timón.

Se van a realizar una serie de cálculos que permitan determinar los valores de todos los parámetros descritos anteriormente, y de tal manera que estos se encuentren dentro de los límites establecidos.

Debido a los problemas de capacidad de evolución que presentan buques con bajos C_b , estos van a ser los criterios que se van a seguir para determinar el proyecto del mismo.

- Proyecto según facilidad de evolución

Los criterios mínimos de aceptabilidad son [Ref 7]:

$$\frac{D}{L} \leq 3,2 \text{ si } C_b = 0,8$$

$$\frac{D}{L} \leq 4,2 \text{ si } Cb = 0,6$$

El índice representativo de la facilidad de evolución, D_G , está dado en función del diámetro de giro, D , por la siguiente expresión [Ref 7]:

$$D_G = \frac{D}{2 \cdot L_{pp}} \sin(2 \cdot \delta)$$

Siendo:

δ : ángulo del timón

Teniendo en cuenta que el ángulo de desprendimiento del timón tomará un valor de 35° , se obtendrán los valores de D para los dos Cb dados, sustituyendo estos en la ecuación anterior, se obtendrá dos valores diferentes de D_G , los cuales habrá que interpolar para determinar el valor correspondiente al buque en estudio.

La fuerza normal a la que se ve sometido el timón, F_N , para un ángulo de 35° viene dada por [Ref 7]:

$$F_N = \left(\frac{\partial F_N}{\partial \delta} \right)_{35^\circ} = \frac{1}{0,9} \cdot \frac{C_{FT}}{\delta} \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A_R \cdot V^2 \cdot (1 - w)^2$$

Siendo el coeficiente unitario de fuerza transversal

$$\frac{C_{FT}}{\delta}$$

$$\frac{6,28 \cdot \lambda}{\lambda + 2,55} \cdot (1 + 0,35 \cdot E) \cdot \left(1 + \frac{8 \cdot K_T \cdot D_P}{\pi \cdot J^2 \cdot h} \right) \cdot \frac{Cb + 0,3}{1 + 1,214 \cdot \left(1 - e^{-0,3 \frac{K_T}{J^2}} \right)}$$

El valor E se hace en principio igual a 0,15, aunque una vez proyectado el timón es preciso comprobar que el ángulo de desprendimiento del flujo sea mayor que 35° .

El valor D_G , está dado por [Ref 7]:

$$D_G = 0,024 \cdot \frac{L}{B} \cdot \frac{1}{Cb^2} \cdot \frac{\Delta \cdot V^2}{\left(\frac{\partial F_n}{\partial \delta}\right) \cdot L} \cdot \left(1 + 25 \cdot \frac{TA - TF}{L}\right)$$

Todas estas ecuaciones conducen a una ecuación con dos incógnitas, la relación de alargamiento y la altura del timón. Es conveniente hacer la relación de alargamiento igual a 2, y así obtener la altura.

Una vez determinados los parámetros del timón se comprobará que este cumple la estabilidad en ruta, según [Ref 7]:

1. Se calcula el valor de F, mediante la expresión:

$$F = \left(\frac{C_{FT}}{\delta}\right) \cdot (1 - w)^2 \cdot \frac{A_R}{L \cdot T} \cdot \frac{L/B}{Cb^2} \cdot \left(1 + 25 \cdot \frac{TA - TF}{L}\right)$$

Y posteriormente el punto de aplicación de las fuerzas sobre la carena:

$$\frac{l_1}{L} = 0.27 + 0,258 \cdot (F + 0,38)^{0,39}$$

Así como su distancia al centro de gravedad:

$$d_1 = \frac{l_1}{L} - \left(0,5 + \frac{X_{cc}}{L}\right)$$

2. Conocidos los valores de los radios de inercia propia y añadida [Ref 7]: :

$$G = 0,0193 \cdot \frac{L}{B} \cdot \frac{1}{Cb^2} \cdot \left(1 + 25 \cdot \frac{TA - TF}{L}\right)$$

Obteniendo así el índice T_m , representativo de la estabilidad de ruta:

$$\frac{1}{T_m} = \frac{d_1}{K_I^2 + K_J^2} \cdot (1 + G)$$

3. Ancho del posible caso de histéresis [Ref 7]::

$$a = 18,12 - \frac{46,43}{T_m}$$

En caso de no cumplirse dicho criterio, el timón habría de proyectarse según el criterio de estabilidad de ruta.

- Proyecto según estabilidad de ruta

El ancho del ciclo de histéresis ha de ser menor que 4° , que al sustituir en la ecuación anterior:

$$\frac{1}{T_m} = 0,304114$$

Valor que permite despejar d_1 .

Sustituyendo de esta manera en las ecuaciones anotadas anteriormente es posible de esta manera determinar de nuevo λ y h , siendo más conveniente hallar primero h , a partir de:

$$h = 0,86 \cdot H$$

y después obtener λ .

Al igual que en el proyecto según la facilidad de evolución, si el valor de λ es demasiado pequeño, se repetirá el proceso pero esta vez partiendo del valor:

$$\lambda = 1.4$$

- Comprobación de la facilidad de cambio de rumbo:

En ambos procesos de cálculo del timón habrá de comprobarse la estabilidad de ruta, corroborando de esta manera que el buque posee unas cualidades mínimas de cambio de rumbo.

El proceso a seguir es el siguiente:

a. K_m

$$K_m = T_m \cdot 0,325 \cdot \frac{\left(\frac{F_t}{\delta}\right) \cdot L}{\Delta \cdot V^2} \cdot \frac{1}{K_I^2 + K_J^2}$$

Introduciendo este valor en [Ref 7]:

$$P = K_m \cdot \left(1 - T_m + T_m \cdot e^{-1/T_m}\right)$$

Parámetro que representa la facilidad de cambio de rumbo que tendrá el buque.

b. Pérdida de velocidad en un giro de $13,7^\circ$

$$\frac{V_{final}}{V_{inicial}} = \sqrt{\frac{1}{1 + U \cdot \left(\frac{13,7}{57,3}\right)^2}}$$

$$U = \frac{1}{C_T \cdot S} \cdot \left(m \cdot \frac{\nabla}{L} \cdot \frac{8}{D_G^2} + \frac{C_{FT}}{\delta} \cdot A_R \cdot (1 - w)^2\right)$$

$$m = 0,14 + 3,06 \cdot (Cb - 0,4)$$

$$C_T \cdot S = \frac{R_A}{1/2 \cdot \rho \cdot V^2}$$

c. Siendo AVC [Ref 7]:

$$AVC = 1,17 \cdot t'_1 + 2,33 \cdot \sigma + 3,1 \cdot e^{-1,11 \cdot \sigma}$$

$$\sigma = \frac{1}{P} \cdot \left(\frac{V_{final}}{V_{inicial}}\right)_{13,7^\circ}$$

$$t'_1 = t_1 \cdot \frac{V}{L}$$

d. Donde el avance a 35° viene dado por:

$$\left(\frac{Av}{L}\right)_{35^\circ} = \frac{AVC}{1,87}$$

- Cálculo del ángulo de desprendimiento

Debido a las consecuencias contraproducentes que genera el desprendimiento de flujo para la sustentación y el aumento de par en la mecha, es conveniente que el ángulo del timón para el cual se produce dicho desprendimiento quede fuera de la zona de trabajo del timón. Este ángulo viene dado por [Ref 7]:

$$\delta = 7,11 \cdot (1 + 7,0 \cdot E) \cdot \left(1 + \frac{1,25}{\lambda}\right) \cdot \left(1 + 0,048 \cdot \sqrt{\ln\left(1 + \frac{8 \cdot K_T}{\pi \cdot J^2}\right) \cdot \frac{h}{D_p}}\right)$$

En caso de ser este ángulo superior a 35°, se aumentará la relación de espesor E.

Para poder establecer el timón óptimo, se elaborará una hoja de cálculo elaborando todas las posibilidades que será presentada en un anexo.

Criterios que determinan la optimización del timón elegido:

- Para asegurar que la pala de la hélice se encuentre dentro del chorro de la hélice, la relación de aspecto que conviene es aquella próxima a 1,5.
- Al disminuir el área del timón, disminuyen tanto la resistencia de fricción como el par ejercido sobre la mecha.
- La relación área timón- área de deriva (L·T) ha de encontrarse en un intervalo comprendido entre 1,6 % y el 1,9%
- El ángulo de desprendimiento ha de ser superior a los 35° antes mencionados.

- Espesores muy grandes dan lugar a un efecto bloqueo del flujo saliente de la hélice, de ahí que las iteraciones se detengan en 0,24.

Realizando un filtro con todos los criterios comentados, de todos los timones expuestos, cumplen los requisitos:

h	h/H	λ	E	Ar	A d	δ
7,396	0,86	1,4	0,23	28,9	1,73%	35,35
7,31	0,85	1,4	0,23	28,23	1,68%	35,35
7,224	0,84	1,4	0,23	27,57	1,66%	35,35
7,396	0,86	1,4	0,24	28,9	1,73%	36,29
7,31	0,85	1,4	0,24	28,23	1,68%	36,3
7,224	0,84	1,4	0,24	27,57	1,64%	36,3

Seleccionando los tres timones que tienen la menor relación de espesor, la elección entre ellos se basa en el que tenga la menor área. Luego el timón elegido tiene como parámetros:

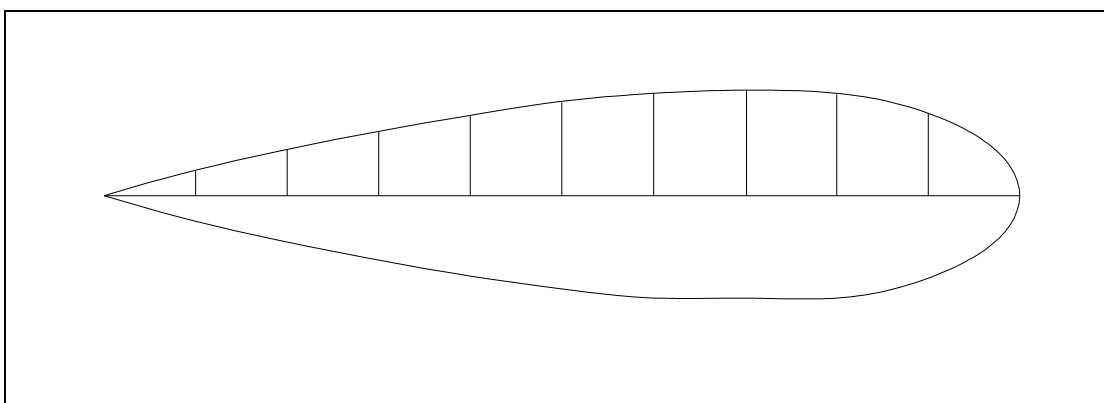
h	h/H	λ	E	Ar	A d	δ
7,224	0,84	1,4	0,23	27,57	1,66%	35,35

5.4 Ley de espesores del timón.

Los timones que presentan mayores ventajas hidrodinámicas, son aquellos de tipo NACA 0023, de espesor alto, siendo especialmente óptimo aquel que alcanza el máximo espesor en el punto situado al 70 % de la cuerda desde el borde de ataque del perfil. Con los datos obtenidos anteriormente, se sabe, que la altura del mismo es de 7,22 m, una cuerda de 5,16 m y en consecuencia un espesor máximo de 1,18 m. Con ello la ley de espesores es como sigue:

% C	% $t_{\text{máx}}$	t(m)
popa	2,1%	0,0249228
10	24,1%	0,2860188

20	43,7%	0,5186316
30	61,0%	0,723948
40	76,0%	0,901968
50	88,2%	1,0467576
60	96,7%	1,1476356
70	100,0%	1,1868
80	95,6%	1,1345808
90	78,0%	0,925704
95	41,1%	0,4877748
proa	0,0%	0



1. Ley de espesores

5.5 Superficie de compensación.

La posición de la mecha con respecto al centro de presiones del timón determinará el tipo de este último. Es por tanto que determinando la posición de la mecha con respecto al centro de presiones del timón reducirá el par que ha de ejercer el servo sobre la mecha. El valor de la superficie de compensación debe de estar comprendida entre el 22 % y el 25 % del área total del timón.

Suponiendo que la fuerza del timón vale en primera aproximación:

$$F = A \cdot \delta$$

y el brazo de la palanca [Ref 7]:

$$\frac{x}{c} - \frac{x_o}{c} = (1 - 0.00428 \cdot \delta) \cdot (B + C \cdot \delta) - \frac{x_o}{c}$$

El par de la mecha tiene la siguiente expresión [Ref 7]:

$$Q = F \cdot \left(\frac{x}{c} - \frac{x_o}{c} \right) = A \cdot c \cdot \left(\left(B - \frac{x_o}{c} \right) \cdot \delta + (C - 0.0428 \cdot B) \cdot \delta^2 - 0.00428 \cdot C \cdot \delta^3 \right)$$

El modo de elección de resolución de la anterior ecuación versará en el criterio que determine una menor potencia. Para ello o bien se puede minimizar la capacidad máxima de par, o bien se puede minimizar la zona máxima de trabajo, esto es, minimizar el par para ángulos de timón de 15°.

a. Reducción de la capacidad máxima del par.

El mínimo de la capacidad de acción del servo viene dado cuando el par a 35° sea igual al máximo relativo de la curva Q-δ, lo cual exige que la ecuación anterior se resuelva con la condición:

$$Q_{35^\circ} = \left(\frac{\partial Q}{\partial \delta} \right)_{\delta=0}$$

Y las dos soluciones obtenidas de la longitud del área de compensación en porcentaje de la cuerda conseguidas son 39,5 % y 37,1 %.

b. Minimizado del par ejercido medio.

En este caso interesa que la zona de ángulos del timón más utilizada durante la navegación sea lo menor posible, para ello se ha de hacer el par nulo a 15° [Ref 7].

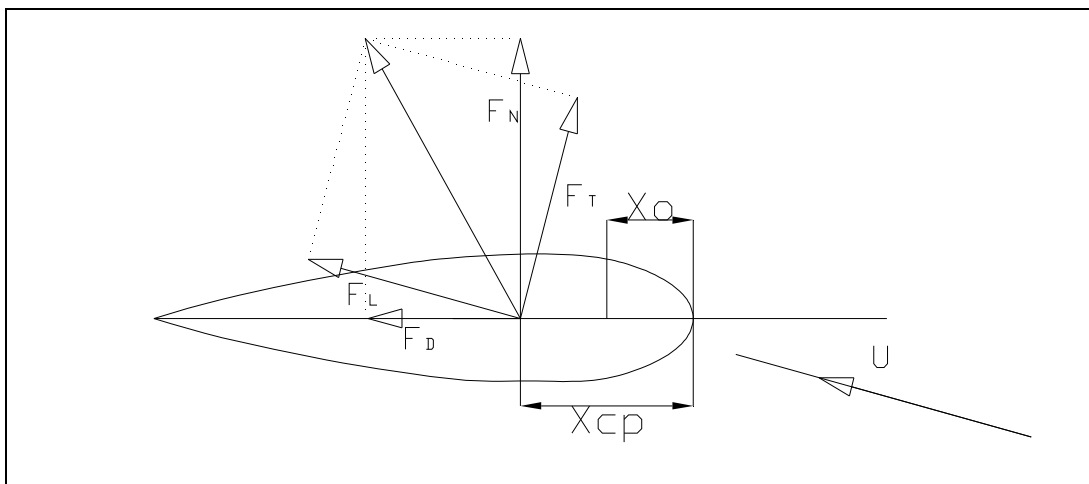
$$x'_o = B + (C - 0.00428 \cdot B) \cdot 15 - 0.00428 \cdot C \cdot 15^2$$

El valor del área de compensación es en este caso de 24,9 %.

Puesto que este último es el único de los tres valores que se encuentra dentro de los límites y que además es el menor de todos será el elegido. El valor de la longitud de la cuerda de compensación es por tanto 1.28 m.

5.6 Fuerzas aplicadas en el timón.

La resultante de las fuerzas aplicadas en el timón tiene, para ángulos pequeños, una dirección prácticamente perpendicular a la pala (como muestra la figura), por lo que se puede aproximar la fuerza a la siguiente expresión:



$$F_N = \frac{F_T}{1,1 \cdot \cos \delta}$$

Siendo a la vez la fuerza transversal:

$$F_T = \frac{C_{FT}}{\delta} \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A_R \cdot v^2 \cdot (1 - w)^2 \cdot \delta$$

Resultando una fuerza normal de 2950 kN para un ángulo de 35°.

5.7 Centro de presiones.

El centro de presiones es la resultante de las fuerzas que se ejercen sobre la pala del timón. La posición del centro de presiones tiene una influencia decisiva en el par que debe soportar la mecha del timón. Al meter el timón, el centro de presiones se desplaza hacia popa, respecto a cuando el timón se encuentra en la vía. La posición del centro de presiones respecto a la cuerda viene dado por [Ref 7]:

$$\frac{x_{cp}}{c} = (1 - 0,00428 \cdot \delta) \cdot (B + C \cdot \delta)$$

Siendo:

$$B = \frac{2,166 \cdot E \cdot \lambda}{(\lambda + 2,55) \cdot \left(1 + 0,644 \cdot \left(1 - e^{\left(-0,375 \cdot \frac{K_T}{j^2} \right)} \right) \right)}$$

$$C = 0,01 \cdot \left(1,268 - 3,6 \cdot E - 0,0083 \cdot \frac{K_T}{j^2} \right)$$

Y el resultado es que para un ángulo de 35°, la posición del centro de presiones con respecto a la cuerda representa el 31,7 %, esto es a una distancia de 1,63 m.

6. Servomotor

El par máximo ejercido sobre la mecha es:

$$Q = F \cdot d$$

d: Distancia entre la mecha y el centro de presiones

Resultando:

$$Q = 1032 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Siguiendo las directrices de la Organización Marítima Internacional, el motor debe de ser capaz de pasar de 30° a una banda a 35° a la otra en un tiempo máximo de 28 segundos.

Con ello la velocidad angular a la que debe girar el timón es:

$$\omega = \left(\frac{65 \cdot \pi}{180} \right) / 28 = 0,0405 \text{ rad/s}$$

Con estos datos se establece que la potencia útil del servo ha de ser por tanto de:

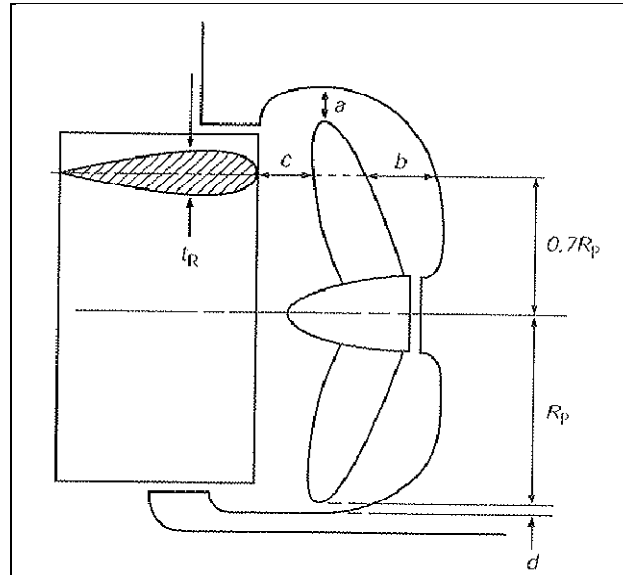
$$P_{\text{util}} = 41,8 \text{ kW}$$

Considerando un rendimiento mecánico del 70 % y un rendimiento eléctrico del 90 %, la potencia eléctrica consumida por el servo del timón será:

$$P = 66,3 \text{ kW}$$

7. Perfil del codaste.

Siguiendo las recomendaciones de la Sociedad de Clasificación, entre los distintos elementos situados en el codaste del buque son los siguientes:



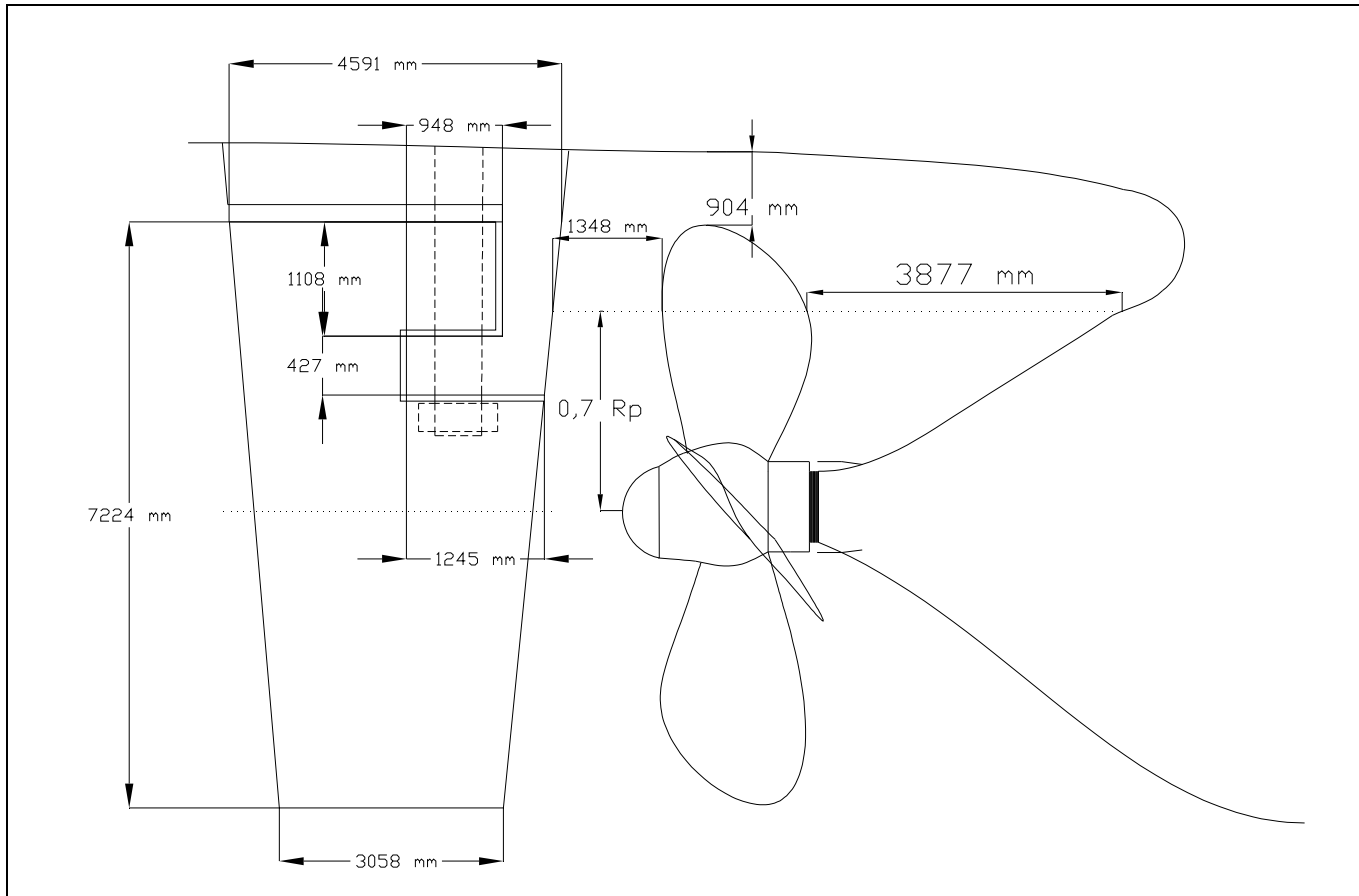
Dónde los valores recomendados son:

a	b	c
2.8	4.2	1.1

Pudiéndose disminuir estos valores hasta llegar a un mínimo de:

a	b	c
0.71	1.06	1.1

Dado la geometría del codaste, y puesto que las formas ya se encuentran definidas, el proyecto no tendrá las dimensiones recomendadas, pero los valores serán próximos a los indicados por la Clase. Esto puede observarse en el esquema mostrado a continuación.



Cuaderno 6
Predicción de Potencia. Diseño de Propulsor y Timón

8. Acrónimos.

R	Resistencia al avance
EHP	Potencia efectiva
Lpp	Eslora entre perpendiculares
B	Manga
KT	Coefficiente de empuje
KQ	Coefficiente de par
ρ	Densidad
n	Revoluciones propulsor
D	Diámetro propulsor
T	Empuje suministrado por la hélice
Q	Par absorbido por la línea de ejes
J	Grado de avance del propulsor
Z	Número de palas
h	Profundidad línea de ejes
c	Cuerda media
e	Espesor
E	Relación de espesor
λ	Relación de aspecto
A_R	Área del timón
H	Altura mecha timón
δ	Ángulo de desprendimiento
A_D	Relación deriva-área
F_N	Fuerza normal
F_T	Fuerza transversal
X_{cp}	Centro de presiones del timón

Anexo

E: 0,15

$\lambda = 1,4$						
h	h/H	λ	E	Ar	A d	δ
7,396	0,86	1,4	0,15	28,90	1,73%	27,76
7,31	0,85	1,4	0,15	28,23	1,68%	27,76
7,224	0,84	1,4	0,15	27,57	1,64%	27,77
7,138	0,83	1,4	0,15	26,92	1,60%	27,77
7,052	0,82	1,4	0,15	26,27	1,56%	27,77
6,966	0,81	1,4	0,15	25,64	1,53%	27,77
6,88	0,8	1,4	0,15	25,01	1,48%	27,78
6,794	0,79	1,4	0,15	24,38	1,45%	27,78

E: 0,16

$\lambda = 1,4$						
h	h/H	λ	E	Ar	A d	δ
7,396	0,86	1,4	0,16	28,90	1,73%	28,71
7,31	0,85	1,4	0,16	28,23	1,68%	28,71
7,224	0,84	1,4	0,16	27,57	1,64%	28,71
7,138	0,83	1,4	0,16	26,92	1,60%	28,72
7,052	0,82	1,4	0,16	26,27	1,56%	28,72
6,966	0,81	1,4	0,16	25,64	1,53%	28,72
6,88	0,8	1,4	0,16	25,01	1,48%	28,72
6,794	0,79	1,4	0,16	24,38	1,45%	28,73

E: 0,17

$\lambda = 1,4$						
h	h/H	λ	E	Ar	A d	δ
7,396	0,86	1,4	0,17	28,90	1,73%	29,66
7,31	0,85	1,4	0,17	28,23	1,68%	29,66
7,224	0,84	1,4	0,17	27,57	1,64%	29,66
7,138	0,83	1,4	0,17	26,92	1,60%	29,67
7,052	0,82	1,4	0,17	26,27	1,56%	29,67
6,966	0,81	1,4	0,17	25,64	1,53%	29,67
6,88	0,8	1,4	0,17	25,01	1,48%	29,67
6,794	0,79	1,4	0,17	24,38	1,45%	29,67

E: 0,18

$\lambda = 1,4$						
h	h/H	λ	E	Ar	A d	δ
7,396	0,86	1,4	0,18	28,90	1,73%	30,61
7,31	0,85	1,4	0,18	28,23	1,68%	30,61
7,224	0,84	1,4	0,18	27,57	1,64%	30,61
7,138	0,83	1,4	0,18	26,92	1,60%	30,61
7,052	0,82	1,4	0,18	26,27	1,56%	30,62
6,966	0,81	1,4	0,18	25,64	1,53%	30,62
6,88	0,8	1,4	0,18	25,01	1,48%	30,62
6,794	0,79	1,4	0,18	24,38	1,45%	30,62

E: 0,19

$\lambda = 1,4$						
h	h/H	λ	E	Ar	A d	δ
7,396	0,86	1,4	0,19	28,90	1,73%	31,55
7,31	0,85	1,4	0,19	28,23	1,68%	31,56
7,224	0,84	1,4	0,19	27,57	1,64%	31,56
7,138	0,83	1,4	0,19	26,92	1,60%	31,56
7,052	0,82	1,4	0,19	26,27	1,56%	31,56
6,966	0,81	1,4	0,19	25,64	1,53%	31,57
6,88	0,8	1,4	0,19	25,01	1,48%	31,57
6,794	0,79	1,4	0,19	24,38	1,45%	31,57

E: 0,20

$\lambda = 1,4$						
h	h/H	λ	E	Ar	A d	δ
7,396	0,86	1,4	0,2	28,90	1,73%	32,50
7,31	0,85	1,4	0,2	28,23	1,68%	32,50
7,224	0,84	1,4	0,2	27,57	1,64%	32,51
7,138	0,83	1,4	0,2	26,92	1,60%	32,51
7,052	0,82	1,4	0,2	26,27	1,56%	32,51
6,966	0,81	1,4	0,2	25,64	1,53%	32,51
6,88	0,8	1,4	0,2	25,01	1,48%	32,52
6,794	0,79	1,4	0,2	24,38	1,45%	32,52

E: 0,21

$\lambda = 1,4$						
h	h/H	λ	E	Ar	A d	δ
7,396	0,86	1,4	0,21	28,90	1,73%	33,45
7,31	0,85	1,4	0,21	28,23	1,68%	33,45
7,224	0,84	1,4	0,21	27,57	1,64%	33,46
7,138	0,83	1,4	0,21	26,92	1,60%	33,46
7,052	0,82	1,4	0,21	26,27	1,56%	33,46
6,966	0,81	1,4	0,21	25,64	1,53%	33,46
6,88	0,8	1,4	0,21	25,01	1,48%	33,47
6,794	0,79	1,4	0,21	24,38	1,45%	33,47

E: 0,22

$\lambda = 1,4$						
h	h/H	λ	E	Ar	A d	δ
7,396	0,86	1,4	0,22	28,90	1,73%	34,40
7,31	0,85	1,4	0,22	28,23	1,68%	34,40
7,224	0,84	1,4	0,22	27,57	1,64%	34,40
7,138	0,83	1,4	0,22	26,92	1,60%	34,41
7,052	0,82	1,4	0,22	26,27	1,56%	34,41
6,966	0,81	1,4	0,22	25,64	1,53%	34,41
6,88	0,8	1,4	0,22	25,01	1,48%	34,41
6,794	0,79	1,4	0,22	24,38	1,45%	34,42

E: 0,23

$\lambda = 1,4$						
h	h/H	λ	E	Ar	A d	δ
7,396	0,86	1,4	0,23	28,90	1,73%	35,35
7,31	0,85	1,4	0,23	28,23	1,68%	35,35
7,224	0,84	1,4	0,23	27,57	1,64%	35,35
7,138	0,83	1,4	0,23	26,92	1,60%	35,35
7,052	0,82	1,4	0,23	26,27	1,56%	35,36
6,966	0,81	1,4	0,23	25,64	1,53%	35,36
6,88	0,8	1,4	0,23	25,01	1,48%	35,36
6,794	0,79	1,4	0,23	24,38	1,45%	35,37

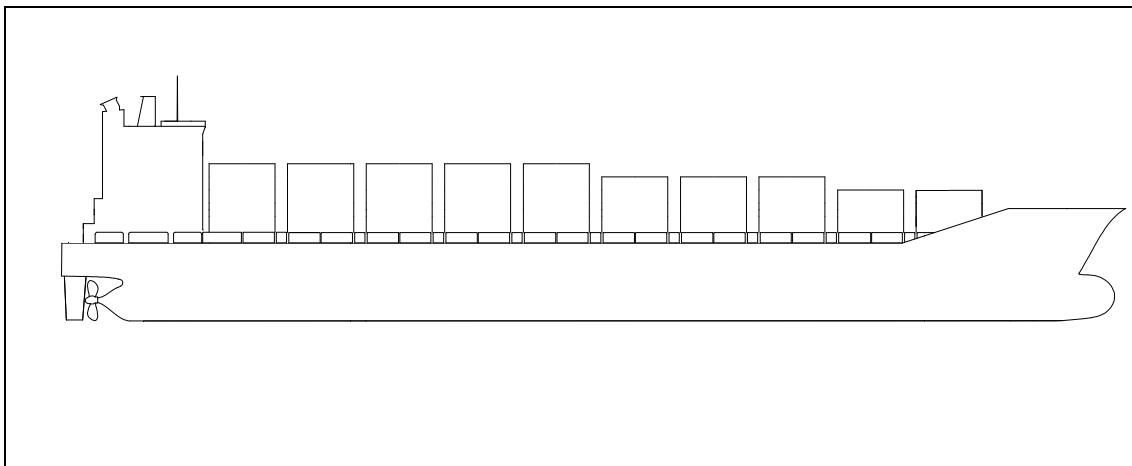
E: 0,24

$\lambda = 1,4$						
h	h/H	λ	E	Ar	A d	δ
7,396	0,86	1,4	0,24	28,90	1,73%	36,29
7,31	0,85	1,4	0,24	28,23	1,68%	36,30
7,224	0,84	1,4	0,24	27,57	1,64%	36,30
7,138	0,83	1,4	0,24	26,92	1,60%	36,30
7,052	0,82	1,4	0,24	26,27	1,56%	36,31
6,966	0,81	1,4	0,24	25,64	1,53%	36,31
6,88	0,8	1,4	0,24	25,01	1,48%	36,31
6,794	0,79	1,4	0,24	24,38	1,45%	36,31



Cuaderno 7

Planta Propulsora



Portacontenedores 1750 TEUS

Proyecto Nº 012

Realizado por:

Ismael Fernández Gil

Especificaciones del proyecto

PROYECTO NÚMERO: CA5

TIPO DE BUQUE: Portacontenedores

CAPACIDAD DE CARGA: 1750 TEU's (120 refrigerados)

PESO MUERTO: 21000 TM

SOCIEDAD DE CLASIFICACIÓN: Lloyd's Register

REGLAMENTOS: Solas, Marpol, Convenio Líneas de carga

VELOCIDAD: 22 nudos al 85% MCR en pruebas

AUTONOMÍA: 12000 millas al 90% MCR y 15% de margen de mar

TRIPULACIÓN: 25 personas

Índice

1. Introducción.....	4
2. Motor Principal.....	5
2.1 Diagrama de funcionamiento del motor.....	5
2.2 Adaptado del motor.....	8
3. Eje de la hélice.....	10
4. Grupos generadores auxiliares.....	12
5. Estimación de consumo.....	13
5.1 Consumo de H.F.O. del motor principal.....	13
6. Requerimientos de elementos auxiliares.....	16
7. Sistema de combustible.....	18
7.1 Sistema de almacenamiento.....	18
7.2 Sistema de trasiego.....	24
7.3 Sistema de tratamiento y limpieza.....	27
7.4 Sistema de presurizado del combustible.....	31
8. Sistema de lubricación y refrigeración por aceite.....	34
8.1 Sistema de lubricación del cárter.....	36
8.2 Sistema de lubricación de camisas.....	37
9. Sistema de aire comprimido.....	39
9.1 Sistema de aire de arranque del motor principal.....	39
9.2 Sistema de aire de servicios generales.....	41
10. Sistema de refrigeración.....	43
11. Agua dulce.....	47

12. Sistema de vapor.....	48
12.1 Necesidades del sistema de combustible.....	48
12.2 Necesidades de vapor de servicios del motor principal.....	52
12.3 Necesidades de vapor de la habitación.....	53
12.4 Balance de vapor.....	54
12.5 Obtención de vapor.....	55
12.6 Caldera auxiliar.....	56
13. Sistema de ventilación de la cámara de máquinas.....	58
14. Acrónimos.....	60
15. Planos.....	61

1. Introducción.

El presente capítulo define con detalle el funcionamiento y componentes de los sistemas que se encuentran en la cámara de máquinas del buque, esto es, la planta propulsora.

En el primer capítulo se llevo a cabo una estimación de las dimensiones que debía de tener una cámara de máquinas de un buque con las características del buque en proyecto. Será a lo largo del siguiente capítulo en el cual se concretarán las características de la misma.

Además del desarrollo del sistema propulsor del buque, también se llevarán a cabo el dimensionamiento de otros sistemas, como son el sistema de tratamiento de combustible o el sistema de aire comprimido y el sistema de refrigeración.

Junto al presente cuaderno se entregará un plano de la posición física a bordo de todos los sistemas en la cámara de máquinas.

2. Motor Principal

De acuerdo con los cálculos de predicción de potencia llevada a cabo en capítulos anteriores, la MCR del motor es de 26.434 kW. Esta potencia proviene de un motor de dos tiempos directamente acoplado a la hélice. Para determinar el modelo de motor que se instalará a bordo, se realizará un sondeo entre varias marcas y modelos.

A continuación se muestra una comparación entre tres motores disponibles en el mercado y cuyo diseño ha sido optimizado para el buque en proyecto:

	WÄRTSILÄ	MAN	
Modelo	RT-96C	k-90 MC-C6	S-80 MC-C8
Número de cilindros	6	7	7
Potencia nominal (kW)	29513	31990	31260
Velocidad (rpm)	97	104	97
Presión media efectiva (bar)	18,6	18,0	20
Consumo específico en la MCR (g/kW·h)	171	177	176
Diámetro de los cilindros (mm)	960	900	800
Carrera (mm)	2500	2300	3200
Longitud (mm)	14240	13865	15865
Anchura (mm)	4480	4640	4640
Altura necesaria para desmontar cilindros (mm)	12500	13275	13450

2.1 Diagrama de funcionamiento del motor.

El diagrama de funcionamiento del motor muestra el área dentro del cual es posible elegir cualquier combinación potencia de salida-giro del motor. Las características de los puntos significativos vienen dados por el fabricante, siendo para el caso del WÄRTSILÄ RT-96C:

Punto	Velocidad	Potencia
R ₁	97	29513
R ₂	97	22000
R ₃	85	22000
R ₄	85	26063

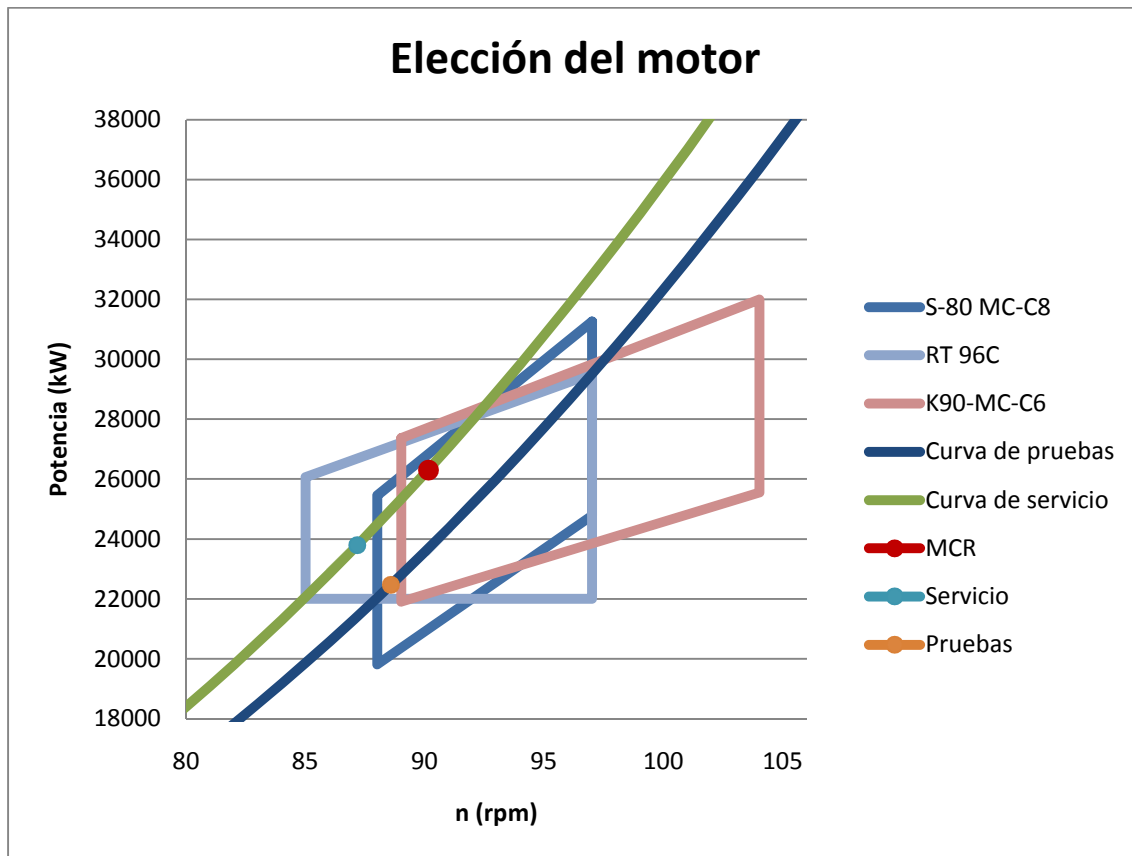
Para el MAN K90-MC-C6:

Punto	Velocidad	Potencia
R ₁	104	31990
R ₂	104	25550
R ₃	89	27370
R ₄	89	21910

Para el MAN S-80 MC-C8:

Punto	Velocidad	Potencia
R ₁	97	31260
R ₂	97	24780
R ₃	88	25450
R ₄	88	19810

Los puntos significativos de funcionamiento del motor han de estar situados necesariamente dentro de los límites operacionales del motor, que como se puede apreciar en la siguiente gráfica, es el modelo fabricado por WÄRTSILÄ el único que encaja en las características del proyecto en estudio:



Puesto que el primer criterio a la hora de llevar a cabo la elección del motor es que los puntos de trabajo estén contenidos dentro de los límites de funcionamiento del motor, quedan descartados ambos modelos MAN. Además ha de ser tenido en cuenta a esta altura del proyecto que el motor elegido pueda ser instalado en la cámara de máquinas, así como permitir los desmontajes oportunos a la hora de llevar a cabo reparaciones y revisiones. El modelo de Wärtsilä es el que presenta un menor consumo específico, y a pesar de poder entregar una mayor potencia de la demandada, se llevará a cabo un adaptado del motor.

El motor llevará instalado un turbocompresor (MET-53), consistente en una turbina conectada al cigüeñal a través de un reductor y accionada por una porción de gases de escape.

2.2 Adaptado del motor.

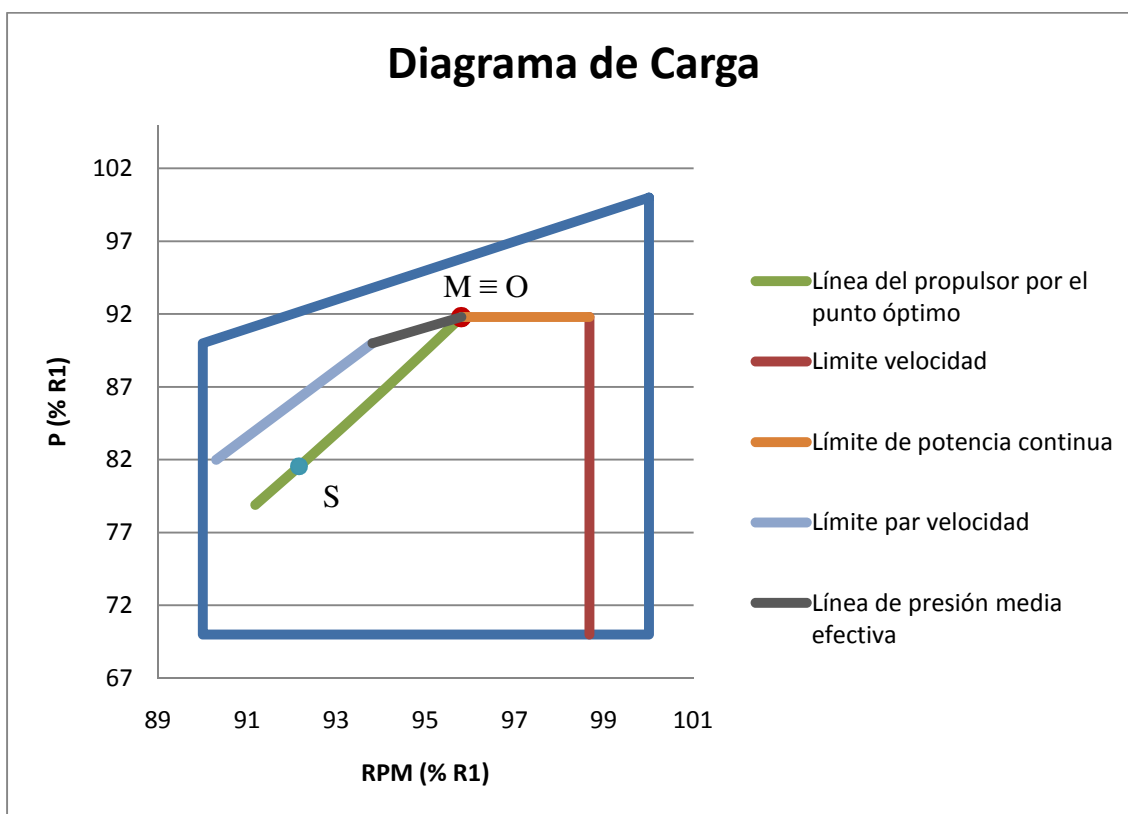
Puesto que la MCR calculada no es la misma que la del motor seleccionado, se hace necesario realizar un adaptado del mismo para que ambas MCR coincidan. Este adaptado es realizado por el fabricante y consiste en la modificación de la longitud de la biela. Esto sacrificará parte de la potencia entregada por el motor a cambio de un menor consumo y mejor rendimiento. Los puntos significativos de trabajo para la propulsión del buque son:

Punto	Potencia	Velocidad de giro
MCR de propulsión	26.434 kW	90
Punto de servicio para la propulsión	23.790 kW	87
Punto de pruebas para la propulsión	22.468 kW	88

El campo de adaptado del motor muestra el área dentro del cual se puede seleccionar una combinación de potencia y velocidad de giro. Esta área está limitada, en escala logarítmica por cuatro lados: dos lados de velocidad de giro constante (R1-R2 y R3-R4) y dos lados de presión media efectiva constante (R1-R3 y R2-R4), representando R1 la MCR del motor, máxima potencia que puede entregar el motor seleccionado.

El punto de contrato que debe saber el fabricante para poder proceder al adaptado del motor es M (26.434 kW y 90 rpm). Con ello el punto de servicio S (23.790 kW y 87 rpm) se encuentra en una curva paralela a la de servicio de propulsión pero que pasa por el punto M.

El punto óptimo de trabajo, si no se instala un regulador, ha de coincidir con M. Todo esto se muestra en el diagrama de carga del motor.



3. Eje de la hélice.

El conjunto de transmisión de la potencia generada por el motor es un sistema de transmisión directa. La hélice está directamente acoplada al motor que hará que la velocidad de giro de aquella sea la misma que la del motor.

La línea de ejes está formada por un eje rígido que conecta la salida del motor con la hélice. La estanqueidad en la bocina quedará asegurada al instalar un obturador con los retenes correspondientes. Estos retenes irán lubricados por el extremo de popa con la propia intrusión del agua de mar, y el situado más a proa con aceite. Además, para evitar contaminaciones de agua en la bocina, se dispondrá de un tanque de aceite que aporte una presión hidrostática superior a la existente a la profundidad a la que se encuentra el eje. Para ello se instalará el tanque (situado en el local del servomotor) con las conexiones necesarias hasta el tubo de la bocina. El vaciado de este tanque servirá como alarma de una deficiencia en el sistema, y permitirá mediante el llenado del mismo evitar la entrada de agua de mar en el eje.

El giro del eje, y la luz entre apoyos genera una flexión en el mismo, que puede ser pronunciada, perjudicando al buen funcionamiento del sistema. Por lo tanto, en la zona intermedia se instalará una chumacera de apoyo. Esta estará formada por una caja con dos semicojinetes, bañados en aceite y refrigerados por serpentines de refrigeración.

La clase exige que el diámetro mínimo del eje resulte superior al calculado en la siguiente expresión [Ref 8]:

$$d = 100 \cdot k \cdot \sqrt[3]{\frac{DHP}{rpm} \cdot \left(\frac{560}{\sigma + 160}\right)}$$

Siendo

k: Factor de diseño.

σ : Tensión del material.

Donde resulta que el eje ha de tener un diámetro mínimo de 770 mm. Para incrementar la seguridad se instará un eje con un diámetro de 780 mm.

La longitud del eje es de 12.300 mm. Puesto que se trata de un eje compuesto por dos tramos, la extracción del extremo de popa se realizara por la bocina, y el otro segmento habrá de ser desacoplado y extraído hacia la cámara de máquinas. La secuencia de desmontaje del eje hace necesario desmontar en primer lugar el timón, y permitir así la extracción del eje.

4. Grupos generadores auxiliares.

Tal y como será expuesto en el cuaderno dedicado a la planta eléctrica, el buque en proyecto contará con cuatro generadores auxiliares instalados en la cámara de máquinas. Estos motores se alimentarán de combustible pesado (HFO), en situación de navegación, mientras que en situación de puerto, con el motor principal parado, se alimentarán de combustible más ligero.

Los grupos generadores están constituidos por motores de cuatro tiempos de velocidad media alta. El suministro del grupo contará tanto con el motor como con el generador. Es decir un motor de combustión interna unido mediante acoplamiento elástico, capaz de absorber vibraciones y de soportar escalones de carga, a un alternador.

Marca	Wärtsilä Auxpac
Modelo	645W4L20
Número de cilindros	4
Potencia nominal del motor	680 kW
Potencia eléctrica generada	645 kW
Presión efectiva media	1,87 MPa
Velocidad (r.p.m)	900
Consumo específico en la MCR	194 g/kh
Diámetro de los cilindros	200 mm
Carrera	280 mm
Longitud	5,1 m
Altura	2,2 m
Anchura	1,9 m

5. Estimación de consumo

5.1 Consumo de H.F.O. del motor principal: consumo específico, horario y diario.

Los motores marinos están preparados para consumir distintos tipos de combustible, desde combustibles destilados hasta combustibles residuales y restos de destilación del petróleo, muchas veces mezclados con combustibles más ligeros para obtener los llamados blended. A pesar de las ventajas que aportan estos combustibles en cuanto a viscosidad y punto de inflamación, estas mezclas tienen distintos tipos de comportamiento ante el calentamiento, por lo que no son recomendables.

Las características que ha de reunir un combustible marino son las siguientes:

- La densidad ha de ser, en el caso de los combustibles marinos, alta, al tratarse de los subproductos de la destilación del petróleo.
- La viscosidad, por idénticas razones, habrá de tener valores altos. Por lo tanto para poder hacer los trasiegos de combustible de forma sencilla, es necesario calentarlo por encima de la temperatura de fluidez.
- El punto de inflamación es la temperatura mínima necesaria para que el combustible desprenda vapores que se inflamen en presencia de una fuente ígnea.

Las condiciones ambientales en las que se considerará que va a navegar el buque son las siguientes,

- 100 kPa.
- 45° C de temperatura del aire a la entrada del motor.
- 32° C de temperatura del agua de mar.

Consideradas estas condiciones tropicales, más desfavorables para el correcto funcionamiento del motor.

Según el fabricante el consumo viene dado por [Ref 13]:

100 % Potencia	85 % Potencia
171 g/kW·h	165,9 g/kW·h

Siguiendo las indicaciones de la especificación, la autonomía ha de ser calculada al 90% de la MCR y no al 85% de la MCR, luego será necesario realizar una interpolación lineal entre los datos ofrecidos por el fabricante para que la cantidad de combustible con la que cuente el buque se ajuste mejor a las exigencias del proyecto. Resultando un consumo de 167 g / kW·h

Con el fin de prevenir una deficiencia de la cantidad de combustible transportada, se realizará una corrección del poder calorífico del H.F.O. Donde se considerará que el consumo por kW viene dado para un combustible con un poder calorífico de 42.700 kJ/kg, y el combustible empleado en navegación tendrá un poder calorífico de 41.000 kJ/kg.

Se considerará un 5% en el punto de consumo óptimo según fabricante, un margen de un 10% (solicitado por la administración para llegar a puerto) y se incrementará debido a la impureza del combustible (temperatura del aire), estimando un 2,5% para paliar el contenido en agua y 3% de aire.

Luego el consumo por hora es de:

$$consumo = \frac{167 \text{ g}}{\text{kW} \cdot \text{h}} \cdot 1,055 \cdot 1,1 \cdot 1,05 \cdot \frac{42700}{41000} = 212 \frac{\text{g}}{\text{kW} \cdot \text{h}}$$

Y las toneladas horas resultan:

$$\frac{\text{Tonelada}}{\text{hora}} = 23.790 \text{ kW} \cdot \frac{212 \text{ g}}{\text{kW} \cdot \text{h}} \cdot 10^{-6} = 5,05 \frac{\text{Ton}}{\text{hora}}$$

Siendo el consumo diario:

$$\text{Consumo diario: } 121 \frac{\text{Ton}}{\text{día}}$$

Los motores auxiliares, como se verá en el cuaderno 9 de la planta eléctrica, de los cuatro generadores instalados, únicamente se encontrarán en funcionamiento durante la navegación dos de ellos, y el dimensionamiento llevado a cabo es:

$$\text{consumo} = \frac{194 \text{ g}}{\text{kW} \cdot \text{h}} \cdot 1,055 \cdot 1,1 \cdot \frac{42700}{41000} = 234 \frac{\text{g}}{\text{kW} \cdot \text{h}}$$

Durante la navegación, los grupos de generación aportarán 940 kW, así el consumo horario resulta:

$$\frac{\text{kg}}{\text{hora}} = 940 \text{ kW} \cdot \frac{234 \text{ g}}{\text{kW} \cdot \text{h}} \cdot 10^{-6} = 220 \frac{\text{kg}}{\text{hora}}$$

Y el consumo diario:

$$\text{Consumo diario: } 5,4 \frac{\text{Ton}}{\text{día}}$$

6. Requerimientos de elementos auxiliares.

Las capacidades de los elementos auxiliares del motor principal son las siguientes:

Enfriador de las camisas	
Calor a disipar	5.109 kW
Caudal de agua dulce de refrigeración	265 m ³ /h
Temperatura agua dulce de refrigeración (Entrada/Salida)	73°/90° C

Enfriador aire de barrido	
Calor a disipar	11.740 kW
Caudal agua dulce	440 m ³ /h
Temperatura agua dulce de refrigeración (Entrada/Salida)	36°/59° C
Caudal másico de aire	249 Ton/h

Enfriador aceite de lubricación	
Calor a disipar	3.682 kW
Caudal de aceite	553 m ³ /h
Temperatura aceite (Entrada/Salida)	58°/45° C
Caudal de agua dulce	319 m ³ /h
Temperatura agua de mar (Entrada/Salida)	36° / 46°

Enfriador central	
Calor a disipar	20.531 kW
Caudal de agua dulce	759 m ³ /h
Temperatura agua dulce (Entrada/Salida)	59°/36° C
Caudal de agua de mar	901 m ³ /h
Temperatura agua de mar	32°/52° C

Gases de escape	
Calor a disipar	10.393 kW
Flujo másico	253 ton/h
Temperatura	314 °C

Aire de arranque	
Presión de diseño	30 bar
Número de botellas	2

Capacidad de botellas	
Número de botellas	2
Capacidad de botellas	10 m ³

Capacidad de compresores	
Número de compresores	2
Capacidad compresores	180 m ³ /h

Todos estos datos vienen dados por el fabricante [Ref 13], considerando a los mismos capacitados para funcionar con una cierta sobrecarga, de cualquier otro modo todas estas magnitudes habrían de ser afectadas por un coeficiente.

Los datos de las bombas que han de instalarse, facilitados por el fabricante son las siguientes:

Bomba	Presión (kPa)	Caudal (m ³ /h)
Circulación aceite de lubricación	500	553
Circulación aceite eje de levas y válvulas de exhaustación	420	72
Agua dulce	300	265
Suministro combustible	700	15,4
Trasiego de combustible	500	30
Agua de mar	220	900

7. Sistema de combustible

El sistema de combustible va a ser diseñado de acuerdo con las indicaciones dadas por el fabricante en el “Project Guide” del motor. Este está dividido en cuatro subsistemas:

- Sistema de almacenamiento.
- Sistema de trasiego.
- Sistema de tratamiento y limpieza.
- Sistema de presurizado del combustible.

Según el fabricante, el fuel ha de estar certificado según ISO-F8217:2005, RMK 700:

Densidad a 15° C	1010 kg/m ³
Viscosidad cinemática a 50° C	700 mm ² /s
Punto de inflamación	60° C
Residuo carbónico	22 % (m/m)
Cenizas	0,15 % (m/m)
Agua	0,5 % (v/v)
Sulfuros	4,5% (m/m)
Vanadio	600 mg/kg

La diversidad de combustibles dependiendo de su origen, puede generar inestabilidades cuando estos son mezclados, dando lugar a la formación de lodos. Por ello se dispondrá de tanques de almacenamiento segregados y dos tanques de sedimentación, diseñados para lograr un vaciado adecuado.

7.1 Sistema de almacenamiento.

7.1.1 Tanques de almacén de HFO.

Como se ha expuesto, el motor principal será alimentado con HFO, pero además, los motores auxiliares instalados a bordo también consumirán HFO. El combustible irá almacenado en los tanques situados entre bodegas

y en el “deep tank”, evitando así que esté almacenado en tanques contiguos al agua de mar y se produzca un enfriamiento del mismo o pueda llegar a producirse un derrame como consecuencia de un abordaje. El volumen necesario para almacenar todo el combustible se calcula a partir de la autonomía del buque, que viene dada en la especificación siendo 12000 millas al 90 % de la MCR y un 15 % de margen de servicio. Cuyos valores son:

Autonomía: 23 días

Y a partir del consumo diario del motor principal, se obtiene el total:

Consumo motor principal: 2783 ton

Los motores auxiliares tendrán una previsión de consumo para toda la navegación de:

Consumo motores auxiliares: 127 ton

Con ello, la previsión de consumo para una autonomía de 23 días es de:

Consumo total: 2910 ton

Cuyo volumen total ocupa:

Volumen: 2881 m³

A la hora de dimensionar correctamente los tanques se han de tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Margen de servicio: 10 %
- Perdida de volumen por estructura de los tanques: 2 %
- Suciedad en los tanques: 2 %

- Nivel de llenado: 98 %

Y el volumen necesario es en consecuencia:

Volumen tanques HFO: 3364 m³

7.1.2 Tanque almacén de M.D.O.

Será necesario llevar a bordo una cantidad de M.D.O para abastecer al motor principal durante al menos 48 horas. Este combustible es necesario para arrancadas del motor en frio o limpieza del sistema previa a paradas prolongadas.

Los márgenes con los que han de ser afectados estos tanques son:

- Margen de seguridad. 10 %
- Perdida de volumen por estructura de los tanques. 2 %
- Suciedad de los tanques. 2 %
- Nivel de llenado. 98 %

Volumen M.D.O: 285 m³

Al ser una de sus funciones la limpieza del sistema de combustible, los tanques de M.D.O irán en proa, en los tanques interiores 1 Stbd y 1 Port. Esto hará que en el momento de su uso el combustible haya de recorrer el sistema de alimentación completamente.

7.1.3 Resumen de tanques.

Se evitará almacenar el combustible en tanques del doble casco o doble fondo. La capacidad de los tanques centrales disponibles es la que sigue:

	Deep Tank ₁	217,4 m ³	
	Deep Tank ₂	300 m ³	
1 CTR Stbd	128,1 m ³	1 CTR Port	128,1 m ³
2 CTR Stbd	197,9 m ³	2 CTR Port	197,9 m ³
3 CTR Stbd	283,7 m ³	3 CTR Port	283,7 m ³
4 CTR Stbd	298,4 m ³	4 CTR Port	298,4 m ³
5 CTR Stbd	307,2 m ³	5 CTR Port	307,2 m ³
6 CTR Stbd	308,7 m ³	6 CTR Port	308,7 m ³
7 CTR Stbd	281 m ³	7 CTR Port	281 m ³
8 CTR Stbd	208,4 m ³	8 CTR Port	208,4 m ³
9 CTR Stbd	147,4 m ³	9 CTR Port	147,4 m ³

	Destino Tanques	Volumen Total
Almacén HFO	Tanques Ps-Stbd 3-8	3370 m ³
Almacén MDO	Deep Tank ₁	215 m ³

7.1.4 Tanques de sedimentación de HFO.

La sedimentación del HFO es un proceso extremadamente lento, debido fundamentalmente a la similitud en densidades entre el combustible y los sedimentos. Esto hace recomendable, según el fabricante, que la superficie del tanque de sedimentación tenga el mayor área en planta posible, ya que el proceso es función del área del tanque, de la viscosidad y de la diferencia de densidades entre solución y soluto. Además será en este tanque en el que se eleve la temperatura del combustible hasta alcanzar al menos 60 °C.

Se dispondrá de dos tanques de sedimentación, los cuales, dependiendo de la calidad del combustible cargado, poder emplear uno u otro para así garantizar la calidad del suministro de combustible abastecido a la maquinaria.

Estos tanques han de ser capaces de almacenar la cantidad consumida por el motor principal y los auxiliares durante 24 horas, considerando los siguientes márgenes:

- Margen de seguridad: 10 %
- Pérdida de volumen por estructura de los tanques. 2 %
- Suciedad de los tanques: 2 %
- Nivel de llenado: 98 %

El volumen que resulta es:

Volumen tanques de sedimentación: 142 m³

Estos tanques irán situados en la plataforma C de la cámara de máquinas.

7.1.5 Tanque de servicio diario de HFO.

La reglamentación exige que el buque este provisto de dos tanques de servicio destinados al almacenamiento de la cantidad equivalente al consumo de las máquinas a las que abastezca durante un periodo de 8 horas, para una potencia continua máxima de la planta propulsora y una carga normal de funcionamiento en el mar de la planta electrógena, a pesar de ello es común diseñar los mismos con una capacidad para 24 horas.

Los márgenes con los que han de ser afectados estos tanques son:

- Margen de seguridad. 10 %
- Pérdida de volumen por estructura de los tanques. 2 %
- Suciedad de los tanques. 2 %
- Nivel de llenado. 98 %

Volumen tanques de servicio diario: 142 m³

Estos tanques irán situados anexos a los tanques de sedimentación. Además el sistema de calefacción mantendrá a los mismos a una temperatura de 70° C.

7.1.6 Tanque de servicio diario de M.D.O.

El tanque de servicio diario de M.D.O irá situado en la plataforma D de la cámara de máquinas. Su volumen ha de ser capaz de abastecer al motor principal durante 12 horas de funcionamiento. Añadiendo además los márgenes habituales:

- Margen de seguridad. 10 %
- Pérdida de volumen por estructura de los tanques. 2 %
- Suciedad de los tanques. 2 %
- Nivel de llenado. 98 %

Volumen servicio diario M.D.O: 71 m³

7.1.7 Tanque de servicio para la caldera de mecheros.

Para alimentar la caldera de mecheros se dispondrá de un pequeño tanque de servicio, rellenándose el mismo desde el tanque almacén con la bomba de trasiego. Este tanque dispondrá de la calefacción necesaria para mantener en él una temperatura de 40° C, permitiendo el bombeo de dicho combustible.

7.1.8 Tanque de reboses de H.F.O.

Su fin es el de recoger los reboses y derrames que pudieran producirse durante el proceso de trasiego de combustible, así como las posibles fugas que puedan tener lugar en el sistema de combustible. Este tanque ha de ser capaz de alojar un volumen igual al bombeado por la bomba de trasiego durante 20 min. Luego es necesario que sea capaz de alojar un volumen de 15 m³. Su disposición a bordo será en el doble fondo.

7.2 Sistema de trasiego.

Es necesario instalar a bordo un sistema que permita tanto llenar todos los tanques de H.F.O como trasladar el combustible desde los tanques de almacenamiento hasta los de sedimentación y posteriormente a los de servicio diario. Además el fuel ha de ser tratado, pasando el mismo por la separadora antes de que este llegue a los tanques de servicio diario.

Para la primera etapa, tanques almacén-tanque de sedimentación, se dispondrá de dos bombas de trasiego las cuales serán capaces de llenar cada tanque de sedimentación en dos horas.

Puesto que el rendimiento de las bombas es lejano a la unidad, y más próximo al 60 % (además ha de ser tenido en cuenta el ensuciamiento de las mismas que afectará a su rendimiento en un 10 %), las características de las mismas serán:

Bomba de trasiego H.F.O.	
Nº de bombas	2
Caudal	30 m ³ /h
Presión	500 kPa

Estas bombas han de mantener un nivel casi constante en el tanque de sedimentación, asegurando la constancia de la temperatura a la entrada de las

purificadoras beneficiando de este modo la adecuada purificación del combustible. Su puesta en marcha vendrá condicionada por el nivel del tanque.

El segundo trasiego por el cual se ve afectado el combustible es al ser trasladado desde el tanque de sedimentación al tanque de servicio diario. Para simplificar la instalación, así como permitir el intercambio de las mismas en caso de avería, el modelo y caudal de estas bombas será igual a las anteriores.

Bomba de trasiego H.F.O.	
Nº de bombas	2
Caudal	30 m ³ /h
Presión	500 kPa

En la ilustración mostrada a continuación, además de las bombas descritas, se muestran las válvulas y filtros que recomienda el fabricante, así como su emplazamiento en el circuito. Los tanques que se muestran han sido dimensionados en apartados anteriores, y las separadoras serán dimensionadas en el punto siguiente.

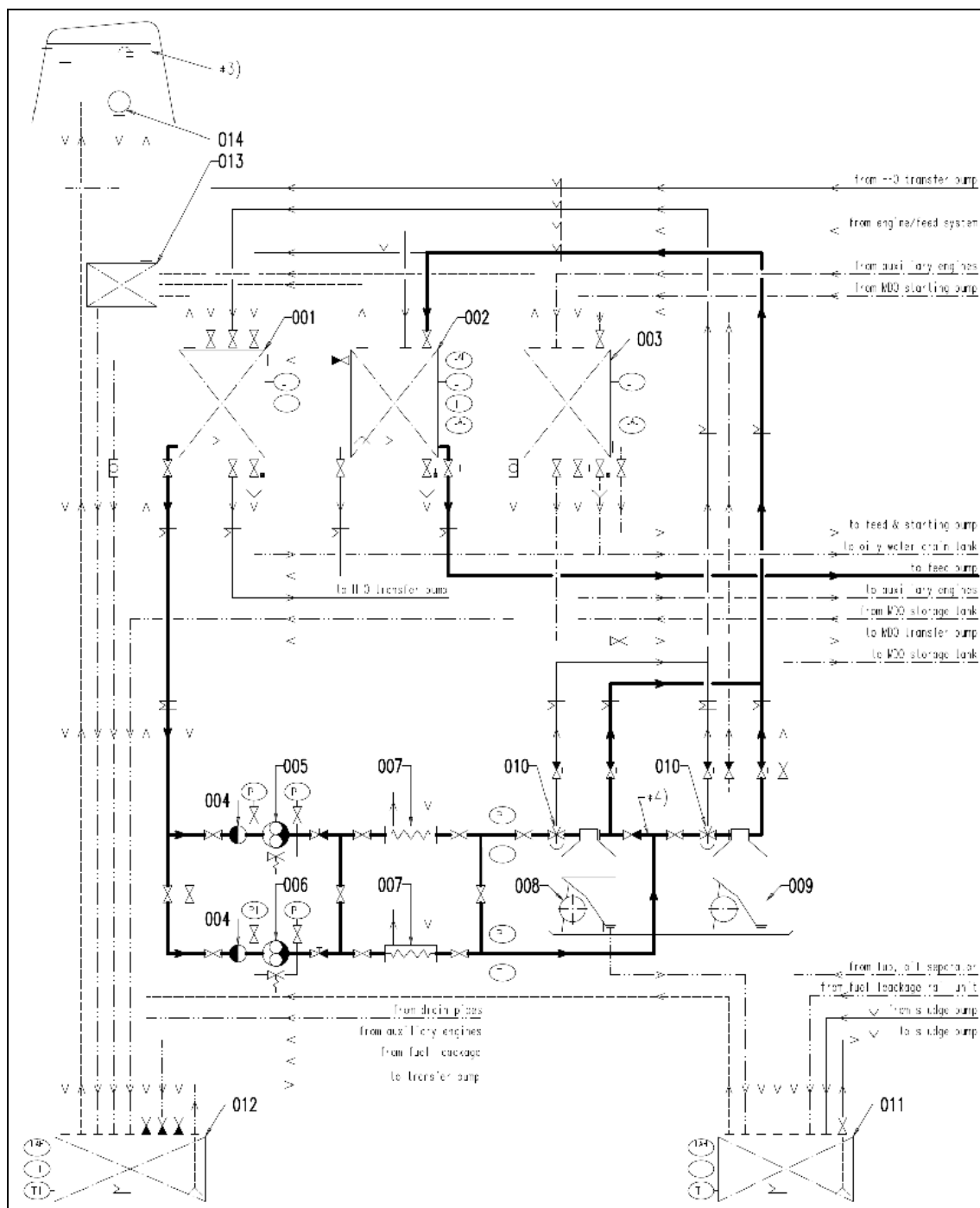


Figura 1

- 001 Tanque sedimentación HFO
- 002 Tanque servicio diario HFO
- 003 Tanque servicio diario MDO

004	Filtro
005	Bomba centrifugadora de HFO
006	Bomba centrifugadora de HFO
007	Pre-calentador de HFO
008	Separadoras HFO
009	Tanque sedimentación MDO
010	Válvula de tres vías
011	Tanque de lodos
012	Tanque de derrames de HFO
013	Colector de aire
014	Manifold de aire

——	Tuberías HFO
----	Tuberías MDO
---	Venteos sistema
----	Tuberías de rebose

7.3 Sistema de tratamiento y limpieza.

Como consecuencia de la elevada concentración de contaminantes sólidos y líquidos contenidos en los combustibles, se hace imprescindible la instalación a bordo de un sistema de tratamiento y limpieza. Las principales impurezas que han de ser separadas del combustible son los hollines, arenas, partículas metálicas procedentes de tuberías y tanques, además de agua, tanto dulce como de mar. El sistema de tratamiento y limpieza estará formado por:

- Precalentadores de combustible.
- Separadoras centrífugas.
- Filtros y bombas.

Una primera separación se produce en los tanques de sedimentación, empleando para ello la decantación siendo esta técnica efectiva a la vez que económica. La entrada

del combustible procedente de los tanques almacén se llevará a cabo por la parte superior. De esta manera se evita que el combustible que abandone el tanque de sedimentación hacia la separadora no tenga la temperatura adecuada.

Desde el tanque de sedimentación el combustible es enviado a los precalentadores de vapor (figura 1, número 007), pasando previamente por un filtro y por la bomba centrífuga de HFO las capacidades de estas bombas, como ya han sido expuestas son:

Bomba de trasiego H.F.O.	
Nº de bombas	2
Caudal	30 m ³ /h
Presión	500 kPa

La temperatura del H.F.O. es aumentada hasta los 98° C al pasar por los precalentadores (dimensionados en el punto 12), y de ahí a las separadoras.

Puesto que el tanque de sedimentación sirve como tanque de decantación, en la parte más baja del mismo será habitual que se acumule el agua a la espera que esta sea enviada al tanque de lodos. Por ello la tubería de aspiración tendrá una distancia prudencial del fondo del tanque. Además como se puede observar en la figura 1, entre los precalentadores de vapor y la centrifugadora, existe una válvula de tres vías que permitirá cerrar el paso al flujo hacia la separadora y volverlo a enviar al tanque de sedimentación, según especificación del “Project Guide”.

Para asegurar una buena separación, la centrifugadora ha de trabajar con caudal constante. Este caudal será superior al consumo de los motores, que generará reboses en los tanques de servicio diario. El rebose de estos irá a parar al tanque de sedimentación, instalándose para ello una tubería en el fondo del tanque de diario, así tendrá la doble utilidad de purgar las condensaciones de agua que se puedan producir en el mismo. Para su correcto funcionamiento la tubería irá provista de una válvula de presión.

El sistema se instalará de modo que ambas separadoras funcionen independientemente, alimentadas cada una de un tanque de sedimentación, pero con la posibilidad de que cada unidad, separadora y precalentador, sean capaces de tratar el

consumo total del buque independientemente. Además la instalación permitirá que se pueda llevar a cabo una conexión en serie de las centrifugadoras. Esta última disposición permite que además de una mayor seguridad en caso de avería de alguna de las bombas, la primera pueda funcionar como purificadora, separando lodos y agua de combustible; y la segunda trabaje como clarificadora, eliminando sólidos.

El tratamiento del M.D.O. es llevado a cabo por una de las separadoras centrífugas, puesto que la disposición de la instalación permitirá tal efecto. Esto permitirá reducir el coste tanto de instalación como de mantenimiento y además reducirá el empacho en la cámara de máquinas.

Elementos del sistema de tratamiento:

- Separadoras centrifugas.
- Tanque de lodos.
- Bomba de lodos.

7.3.1 Separadoras centrifugas.

El caudal de combustible que ha de ser tratado, según fabricantes, ha de rondar:

$$\text{Caudal a tratar: } 0,27 \text{ l/kW} \cdot \text{h}$$

Para este cálculo será empleada la MCR nominal del motor. Considerando el caso más desfavorable, cuando además del motor principal estén trabajando todos los grupos auxiliares.

$$0,27 \cdot (26434 + 940)$$

$$\text{Capacidad separadora: } 7300 \text{ l/h}$$

Las características de las mismas resulta:

Separadora H.F.O.	
Nº de separadoras	2
Caudal	9 m ³ /h
Presión	300 kPa

Se instalarán en serie, a modo que una de ellas funcione como clarificadora y la siguiente como separadora, esto favorece a que en caso de avería de una de ellas, el sistema pueda seguir en funcionamiento, a pesar de reducir.

7.3.2 Tanque de lodos.

Han de tener el volumen necesario para almacenar las impurezas contenidas en el H.F.O. Estas impurezas representan un 3 % de la masa total del combustible. Puesto que el buque almacena 2900 toneladas, el volumen de los tanques de lodos ha de ser:

Volumen tanque de lodos: 87 m³

A bordo, este tanque debe de colocarse próximo a las separadoras y los tanques de sedimentación, de modo que su llenado se pueda realizar por gravedad. Por ello su ubicación será en la plataforma C de la CC.MM

7.3.3 Bomba de lodos.

La descarga de lodos se realizará simultáneamente con la carga de combustible. Estimando que el proceso de carga se llevará a cabo aproximadamente en 5 horas, la capacidad de la bomba de lodos habrá de vaciar el tanque en el mismo tiempo.

Bomba de descarga de lodos	
Nº de bombas	1
Caudal	17 m ³ /h
Presión	500 kPa
Líquido	Residuos H.F.O
Densidad	950 kg/ m ³

7.4 Sistema de presurizado del combustible.

La temperatura del combustible a la entrada del motor ha de ser del orden de los 150° C y que este, tenga así una viscosidad adecuada. Para evitar posibles evaporaciones del agua o gasificaciones de alguna de las fracciones (caso que el combustible procediese de mezcla de combustibles) el combustible ha de ser presurizado.

El combustible sale de los tanques de servicio diario de H.F.O. hacia el circuito de baja presión, donde es impulsado por las bombas de suministro hacia el circuito de circulación de alta presión, pasando por la válvula de tres vías (002 figura 2) y el filtro (003 figura 2) siendo así transferido a la unidad de mezcla mediante la bomba de alimentación de baja (004 figura 2), que según los datos facilitados por el fabricante han de reunir las siguientes características:

Bomba de circuito alta presión	
Nº de bombas	2
Caudal	10 m ³ /h
Presión	500 kPa
Líquido	H.F.O
Densidad	1010 kg/ m ³

El caudal como ya ha sido comentado será superior al máximo consumo de los motores, y el exceso enviado hacia el tanque de sedimentación.

Las bombas de alimentación elevan la presión hasta 700 kPa, pasando el combustible a través del calentador (008, figura 2) el viscosímetro y el filtro (010 figura 2) hacia la unidad de suministro del motor. El caudal de estas bombas será al menos 3 veces superior al consumo máximo de los motores. El exceso de combustible suministrado se recircula hacia el tanque de servicio diario.

Bomba de alimentación	
Nº de bombas	2
Caudal	30 m ³ /h
Presión	700 kPa
Líquido	H.F.O
Densidad	1010 kg/ m ³

La recirculación del sobrante de fuel del motor hacia el tanque de servicio diario ayuda a mantener el equilibrio térmico en este. Por otro lado la válvula de regulación de presión (005 figura 2) controla la salida de la bomba de baja y asegura la descarga cuando la presión en el sistema este 1 bar por debajo de la presión de vaporización del agua.

Toda la tubería de combustible estará aislada y acompañada por una línea de vapor. Además, al ser la CC.MM desatendida, es obligatorio que la tubería de alta presión que une bombas de inyección con inyectores esté protegida con una tubería doble que evite que en caso de fugas, el combustible se proyecte al exterior, con el consiguiente riesgo de incendio. Las posibles fugas de combustible entre ambas tuberías, son descargadas al tanque de reboses, situado en el doble fondo.

Para el arranque en frío y limpieza del sistema, se empleará M.D.O. Para ello se sitúa entre el tanque de servicio diario y las bombas de suministro, una válvula de tres vías, que permite que el paso de combustible ligero a pesado, o a la inversa, pueda realizarse gradualmente. La operación de cambio de combustible, sobre todo la de cambio de combustible pesado a ligero es delicada, pues al calentarse mucho el combustible puede gasificarse y provocar agarradas en bombas e inyectores.

Para aquellas paradas que no superen los cinco días de duración, resulta más conveniente mantener en funcionamiento una de las bombas de circulación moviendo el H.F.O. por las tuberías.

Los grupos auxiliares podrán alimentarse tanto de H.F.O o M.D.O independientemente del combustible que este empleando el motor principal.

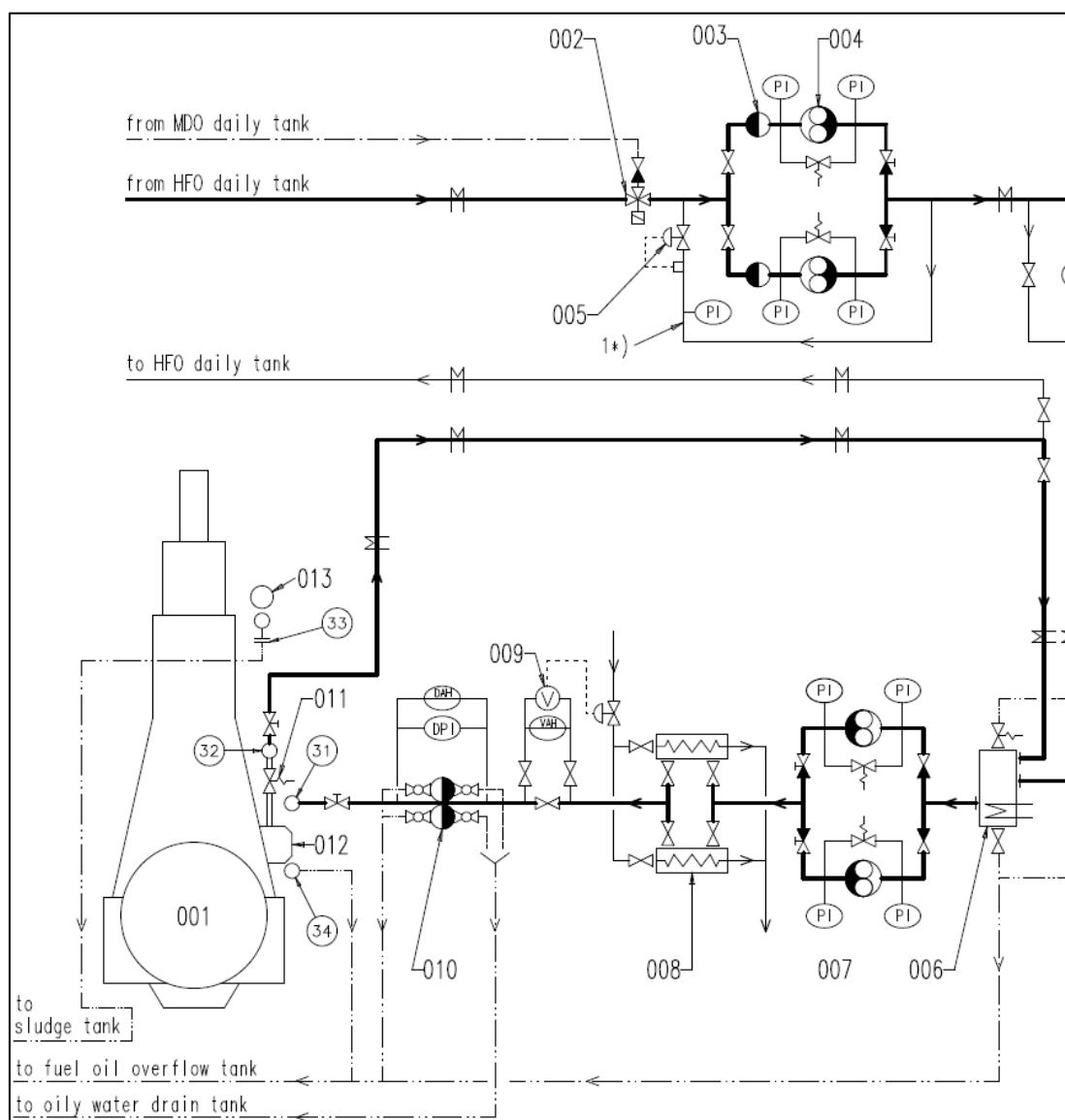


Figura 2

- 001 Motor principal
- 002 Válvula de tres vías
- 003 Filtro de HFO
- 004 Bomba del circuito de baja
- 005 Válvula de regularización de presión
- 006 Unidad de mezcla
- 007 Bomba
- 008 Calentador de fuel
- 009 Viscosímetro
- 010 Filtro de HFO
- 011 Válvula de control de presión
- 012 Unidad de entrega de HFO

8 Sistema de lubricación y refrigeración por aceite.

La lubricación de los motores de dos tiempos es realizada por dos subsistemas, los cuales serán tratados separadamente:

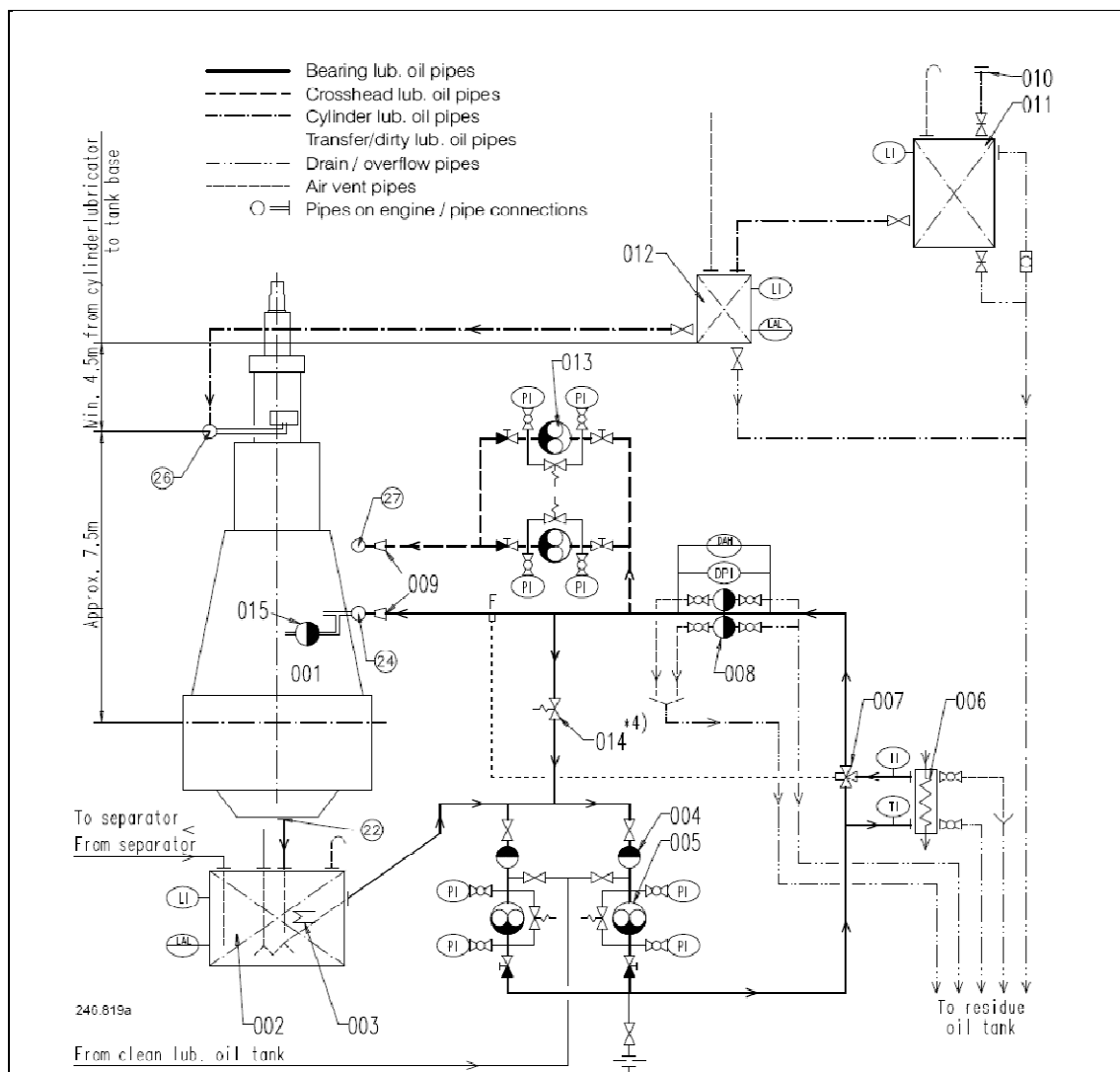


Figura 3

- 001 Motor principal
- 002 Tanque de circulación de aceite
- 003 Serpentin calefactor
- 004 Filtro de succión
- 005 Bomba de circulación
- 006 Enfriador de aceite
- 007 Válvula
- 008 Filtro aceite lubricación

009	Reducción
010	Conexión
011	Tanque renovación
012	Tanque servicio diario
013	Bomba
014	Válvula control de presión
015	Filtro

El aceite se almacena en un tanque situado debajo del motor. Permitiendo así que la descarga se realice por gravedad. Desde el tanque de circulación el aceite es aspirado por las bombas de circulación hacia el enfriador de aceite lubricante, pasando antes por el filtro de succión. La capacidad de estas bombas es:

Bomba de circulación	
Nº de bombas	2
Caudal	550 m ³ /h
Presión	750 kPa
Líquido	Aceite

A la salida del enfriador se instala una válvula termostática de tres vías que regula el flujo de aceite que sale hacia el motor, consiguiendo que la temperatura de este sea de 45° C. Después de pasar por un filtro, el aceite se distribuye a dos ramas diferentes. Una tiene como destino la lubricación de los cojinetes, cigüeñales y bielas, y la segunda sirve a la lubricación del eje de levas y de válvulas de admisión y escape. La capacidad de las bombas que entrega este aceite es:

Bomba de circulación	
Nº de bombas	2
Caudal	75 m ³ /h
Presión	420 kPa
Líquido	Aceite

El aceite empleado a de tener una buena estabilidad térmica y oxidante y un cierto poder dispersante para prevenir la formación de depósitos sobre las superficies calientes del sistema.

El aceite empleado ha de ser ligeramente aditivado, con una viscosidad SAE 30, detergente y con una alcalinidad comprendida entre 5 y 10 TBN (Total Basic Number).

Se instalará una purificadora de las siguientes características:

Purificadora	
Nº de separadoras	1
Caudal	1 m ³ /h
Presión	200 kPa

La capacidad de los tanques, así como su ubicación a bordo es expuesta en el punto siguiente.

8.1 Sistema de lubricación del cárter.

Las funciones de este sistema son:

- Reducción de la fricción entre los elementos en rozamiento.
- Eliminación del calor producido por la fricción.
- Protección antioxidante de los elementos de acero no recubiertos.
- Refrigeración de los pistones.

8.1.1 Tanque de aceite de circulación.

Tanque situado en el doble fondo, con una capacidad de 40 m³. Su ubicación es inmediatamente debajo del motor. Pero con un cofferdam que lo protege de cualquier daño que pueda sufrir el casco.

8.1.2 Tanque de renovación.

Se almacenará una carga completa en caso de tener que realizar renovaciones completas del aceite del motor. Este tanque irá situado en

la plataforma C de la cámara de máquinas permitiendo su acceso al sistema por gravedad. El volumen de este tanque es de 40 m³.

8.1.3 Tanque de aceite sucio.

En caso de ser necesaria la renovación del aceite del sistema, se ha disponer de un tanque donde almacenarlo. Este tanque irá situado en el doble fondo, anexo al tanque de aceite de circulación. Este tanque tendrá conexiones con la purificadora, permitiendo el lavado del mismo en caso de ser necesario. El volumen de este tanque es de 40 m³

8.2 Sistema de lubricación de camisas.

Las funciones de este sistema son:

- Reducción de la fricción entre aros y camisas.
- Colaborar en la estanqueidad entre aros y pistones.
- Protección antioxidante de las camisas.

El aceite de cilindros tendrá un grado de viscosidad SAE 50 y un nivel de alcalinidad comprendido entre 10 y 20 TBN.

El tanque de servicio está ubicado en la primera plataforma del guardacalor, ya que el fabricante recomienda que este esté situado a una altura mínima de 3000 mm sobre el punto de entrada del motor. Su volumen es de 7 m³.

Elementos del sistema de lubricación.

- Tanque almacén
- Tanque de servicio
- Tanque de aguas aceitosas.

- Tanque de derrames de aceite.
- Tanque de derrames de aceite.

8.2.1 Tanque almacén

La capacidad de este tanque viene dada por la autonomía del buque. Se estima un consumo de aceite de:

$$\text{Consumo de aceite: } 1,2 \frac{\text{g}}{\text{kW} \cdot \text{h}}$$

Por lo que resulta necesario un tanque de:

$$\text{Volumen tanque almacén: } 14 \text{ m}^3$$

8.2.2 Tanque de servicio

Este tanque ha de ser capaz de almacenar al menos suficiente aceite como para abastecer el consumo del buque durante al menos dos días.

$$\text{Volumen tanque de servicio: } 1,5 \text{ m}^3$$

8.2.3 Tanque de aguas aceitosas.

Su destino es recoger los lodos y residuos de hidrocarburos procedentes del separador de sentinas para ser conducidos al incinerador. Situado en el doble fondo, anexo al tanque de circulación de aceite del motor principal. Su volumen es capaz de alojar:

$$\text{Volumen tanque aguas aceitosas: } 15 \text{ m}^3$$

8.2.4 Tanque de derrames de aceite.

Reúne todos los derrames de aceite producidos en los diversos circuitos y recogidos en las bandejas de los equipos. Situando junto al tanque de aguas aceitosas, en el doble fondo.

Volumen tanque de derrames de aceite: 10 m³

9 Sistema de aire comprimido.

El sistema de aire comprimido tiene como finalidad principal permitir el arranque del motor principal, su instalación a bordo permite además usos adicionales, como control y actuación de instrumentos, accionamiento de herramientas de mano, limpieza, sirenas, etc. Según cuál sea la finalidad de su utilización, el aire comprimido a utilizar tiene diferentes presiones.

Por otro lado, y especialmente para la aplicación de arranque del motor, el aire ha de ser purificado, eliminando impurezas. Para ello se instalarán filtros con alta capacidad de separación.

Además de las partículas procedentes de la atmósfera es importante considerar las partículas de aceite procedentes de los propios compresores, que al elevar la temperatura del aire producen la evaporación del aceite empleado para lubricar el propio compresor. Posteriormente, al enfriar el aire comprimido, estas partículas se condensan debiendo ser eliminadas antes de que accedan al circuito de arranque.

9.1 Sistema de aire de arranque del motor principal.

La presión del sistema de aire comprimido de arranque se establece en 300 kPa. El sistema está compuesto por dos compresores que descargan indistintamente a cualquiera de los sistemas de botellas principales. Los compresores son de dos etapas con refrigeración intermedia, disponiendo en la descarga de un purgador para la eliminación del aceite que haya podido condensar, que será enviada a cubierta. Las botellas también contarán con purgadores para eliminar las posibles condensaciones. Los compresores, según el “Project Guide”:

Compresores	
Presión de diseño	30 bar
Número de compresores	2
Capacidad	120 m ³ /h

Consumo	15 kW
---------	-------

El arranque del motor principal se lleva a cabo mediante aire a 300 kPa suministrado directamente desde las botellas principales. El aire entra directamente desde una válvula automática de arranque.

Aire de arranque	
Presión de diseño	30 bar
Número de botellas	2
Capacidad de botellas	10 m ³

La válvula de arranque principal está montada en el motor y puede ser operada manual o eléctricamente. Además se instalarán válvulas de no retorno y cortafuegos como medida de seguridad.

Según el “Project Guide” el sistema debe permitir llevar a cabo 12 arrancadas del motor en una hora.

Además el buque contará con un compresor de emergencia, que podrá generar un caudal de 5 m³ /h con una presión de 5 bar.

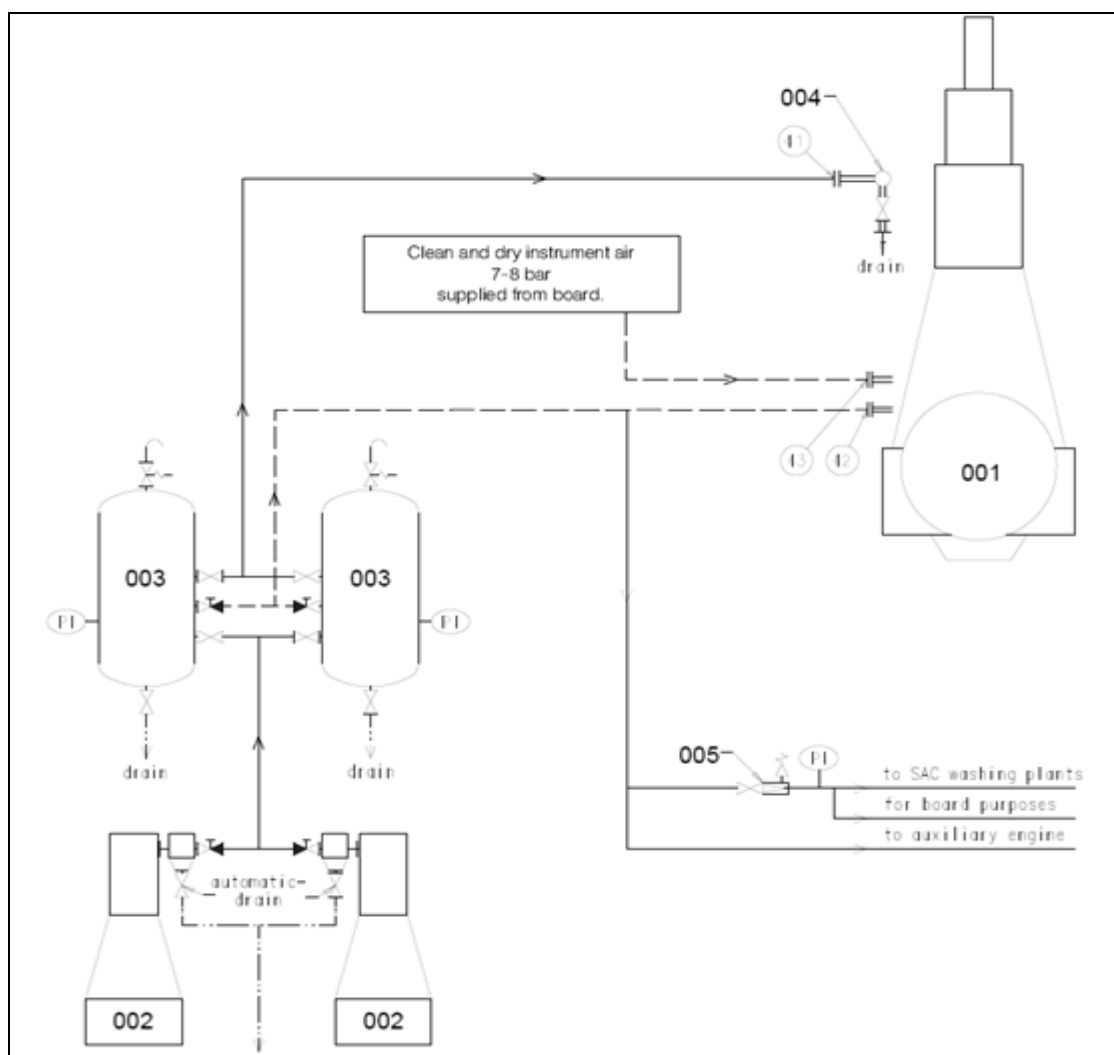


Figura 4

- 001 Motor principal
- 002 Compresores de aire de arranque
- 003 Botellas de aire de arranque
- 004 Tubería de distribución con válvula automática de cierre.
- 005 Válvula de reducción de presión

9.2 Sistema de aire de servicios generales.

Los servicios para los cuales se empleará aire comprimido son los siguientes:

- Toma de conexiones de mangueras para la limpieza de las cámaras de máquinas.

- Filtros de aceite de los motores.
- Tomas de aire de los talleres.
- Tomas de aire en el local de las depuradoras.
- Aire para la limpieza de las cajas de mar.

La presión necesaria es de 700 kPa, que será obtenida de una reductora.

10. Sistema de refrigeración.

El sistema de refrigeración cuenta con los siguientes circuitos:

- Circuito de agua salada.
- Circuito cerrado de agua dulce de baja temperatura.
- Circuito cerrado de agua dulce de alta temperatura.

El sistema instalado permite tener únicamente un intercambiador de calor central, permitiendo un abaratamiento en el material instalado y en el mantenimiento. Además el sistema de refrigeración instalado permite un mejor aprovechamiento de la fuente fría y un mayor control de la regulación de agua necesaria. Por el contrario se requiere de un mayor salto térmico, y se requieren de más elementos aumentando el empacho en la cámara de máquinas.

El agua de mar es aspirado por las bombas del circuito desde las cajas de mar llegando hasta el enfriador central. En el enfriador central se extrae calor del agua dulce de refrigeración del motor. Este caudal, impulsado por las bombas del circuito cerrado, es el fluido refrigerante del aceite de lubricación, camisas y cilindros del motor principal y los motores auxiliares, del aire de barrido y de otros sistemas como el aire acondicionado o las chumaceras.

Las características técnicas del enfriador han de cumplir son:

Enfriador central	
Calor a disipar	25100 kW
Flujo de agua dulce	1100 m ³ /h
Temperatura entrada/salida agua dulce	61,8/36,0° C
Flujo agua salada	1500 m ³ /h
Temperatura entrada/salida agua salada	53/25° C

Bomba de circulación	
Nº de bombas	2
Caudal	1100 m ³ /h
Presión	220 kPa
Líquido	Agua salada

El motor principal dispone de un circuito independiente de agua dulce de alta temperatura para la refrigeración de las camisas, con capacidad para enfriar el motor a plena carga. La independencia de este sistema garantiza la refrigeración del M.P. en caso de avería en el sistema central.

Bomba de alta	
Nº de bombas	2
Caudal	500 m ³ /h
Presión	300 kPa
Líquido	Agua dulce

Características técnicas enfriador de alta:

Enfriador de alta	
Calor a disipar	20700 kW
Flujo de agua dulce HT	500 m ³ /h
Temperatura entrada/salida agua dulce	61,8/36,0° C
Flujo agua de agua dulce LT	800 m ³ /h
Temperatura entrada/salida agua salada	53/25° C

Del circuito de baja refrigerará el resto de sistemas antes mencionados, como es el aceite de lubricación, aire de barrido, motores auxiliares, aire acondicionado necesidades de la habilitación como son las gambuzas, y otros como las chumaceras.

Y las características técnicas de las bombas del circuito de baja temperatura:

Bomba de circulación	
Nº de bombas	2
Caudal	600 m ³ /h
Presión	220 kPa
Líquido	Agua dulce

Ambos circuitos están conectados a un tanque de expansión que mantiene el volumen de los circuitos constantes.

Según el "Project Guide" del motor:

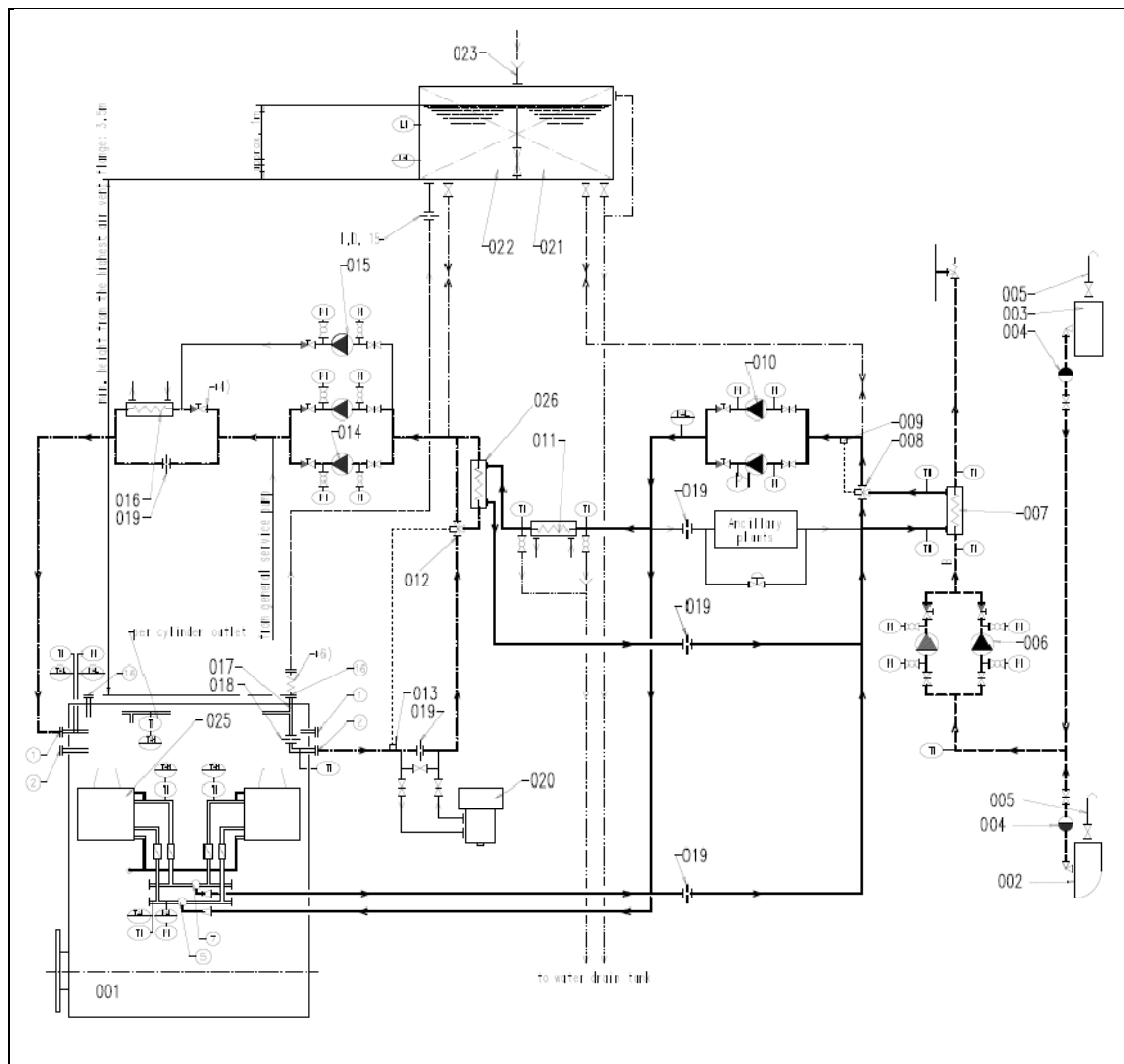


Figura 5

- 001 Motor principal
- 002 Toma de mar
- 003 Toma de mar
- 004 Filtro entrada agua de mar
- 005 Tubería de aire
- 006 Bomba agua de mar
- 007 Intercambiador de calor agua de mar

008	Válvula automática del control de temperatura, circuito baja
009	temperatura
010	Sensor de temperatura del sistema de control de temperatura
011	Bomba agua dulce circuito de baja temperatura
012	Enfriador de aceite
013	Válvula automática del control de temperatura, circuito alta
014	temperatura
015	Bomba de agua dulce circuito de alta temperatura.
016	a circuito precalentado
017	Enfriador circuito de alta presión
018	Tubería de aire
019	Válvula de estrangulamiento
020	Válvula de estrangulamiento
021	Generador de agua dulce
022	Tanque de expansión del circuito de baja temperatura
023	Tanque de expansión del circuito de alta temperatura
024	Tubería de reposición en el sistema
025	Enfriador aire de barrido
026	Enfriador de aceite circuito del circuito de lubricación de las camisas

Las capacidades de las bombas para los motores auxiliares y el resto de servicios antes mencionados es como sigue:

Bomba M.Aux	
Nº de bombas	2
Caudal	250 m ³ /h
Presión	300 kPa
Líquido	Agua dulce

Bomba servicios esenciales	
Nº de bombas	2
Caudal	100 m ³ /h
Presión	300 kPa
Líquido	Agua dulce

11 Agua dulce.

Se instalará a bordo un sistema de generación de agua dulce que aproveche el calor desprendido 20700 kW. De este modo puede estimarse la cantidad de agua dulce que puede ser generado, según la expresión:

$$\dot{m}_{agua\ dulce} = 0,003 \cdot Q$$

Y la capacidad máxima de producción de agua es:

$$\dot{m}_{agua\ dulce} = 600\ Tm/día$$

Las necesidades de agua dulce son muy inferiores a la capacidad de producción. A bordo se instalará un generador capaz de entregar una producción de agua dulce de aproximadamente 20 t/día.

El modelo que se instalará a bordo requiere de 900 kW de calor para realizar la evaporación del agua. Su principio de funcionamiento versa en que el agua de refrigeración del circuito de alta aumenta la temperatura del agua de mar que se desea evaporar. En el circuito de agua a evaporar se instalan bombas de vacío que disminuyen la presión, consiguiendo así evaporar la cantidad de agua deseada.

El modelo que se instalará a bordo tiene las siguientes características técnicas:

Marca	Atlas
Modelo	TSS-5
Capacidad	25 ton/día
Presión bomba de vacío	480 kPa
Bomba de agua salada	300 kPa

12 Sistema de vapor.

Algunos de los servicios del buque requieren de un proceso de calentamiento para su correcto funcionamiento. Este vapor se genera con la energía que aportan los gases de escape del motor principal en la caldereta de gases de escape y o bien con la energía producida en una caldera si la cantidad de calor aprovechada de los gases de escape no es suficiente.

Los principales consumidores de vapor son:

- Tanques de combustible pesado.
- Servicios del motor principal.
- Servicios de habilitación.

El vapor empleado será vapor saturado a una presión de $7,5 \text{ kg/cm}^2$ y cuya entalpía de cambio de fase es de 492 kcal/kg .

12.1 Necesidades del sistema de combustible.

Requieren de calentamiento los siguientes tanques:

- Tanques almacén de HFO.
- Tanques de sedimentación de HFO.
- Tanque de almacén de aceite.
- Tanque de aceite sucio.
- Tanque de reboses y derrames.
- Tanque de lodos.

Estos tanques requieren tanto de energía para elevar su temperatura como para mantener la misma una vez el contenido haya sido calentado.

El calor necesario para incrementar la temperatura de los tanques viene dada por:

$$Q = \frac{V \cdot \rho \cdot C_e \cdot (T_F - T_I)}{t}$$

Siendo:

V: Volumen tanque
 ρ : Densidad fluido
 C_e : Calor específico del fluido
 T_F : Temperatura final del tanque
 T_I : Temperatura inicial del tanque
 t : Tiempo empleado en calentar el tanque

Las pérdidas de calor vienen dadas por la expresión:

$$Q_{INC} = \sum K_i \cdot S_i \cdot (T_M - T_{EXT})$$

Siendo:

K_i : Coeficiente de transmisión del calor
 S_i : Superficie de la pared del tanque
 T_m : Temperatura media del tanque
 T_{Ext} : Temperatura exterior del tanque

Donde van a ser empleados los siguientes valores para las distintas variables:

Pared	K (kcal/m ³ ·°C·h)
Fondo y parte baja del pantoque	7,0
Parte superior del pantoque y costado	15,5
Obra muerta	13,0
Cubierta	5,5
Mamparo con espacio vacío	5,6
Mamparo con cámara de máquinas	4,8
Mamparo con bodega de carga	5,0
Mamparo con tanque de lastre	7,0

Y las temperaturas que se tomarán:

Medio	Temperatura exterior
Agua de mar	5 °C

Aire	0 °C
Espacio vacio	15 °C
Cámara de máquinas y habitación	20 °C
Bodega de carga	15 °C

El calor necesario es por tanto la suma del calor necesario para elevar la temperatura y para mantener dicha temperatura en el tanque.

12.1.1 tanques de almacenamiento de HFO.

El calor requerido para cada tanque individualmente es el siguiente:

Tanque	Volumen (m ³)	Q incremento T	Q mantenimiento T
3 CTR Stbd	197,7	23303	3328
4 CTR Stbd	249,9	29488	3328
5 CTR Stbd	283,71	33477	3328
6 CTR Stbd	298,41	35212	3328
7 CTR Stbd	307,23	36253	3328
8 CTR Stbd	308,7	36426	3328

Tanque	Volumen (m ³)	Q incremento T	Q mantenimiento T
3 CTR Port	197,7	23303	3328
4 CTR Port	249,9	29488	3328
5 CTR Port	283,71	33477	3328
6 CTR Port	298,41	35212	3328
7 CTR Port	307,23	36253	3328
8 CTR Port	308,7	36426	3328

Luego el calor requerido es:

$$Q = 533224 \text{ kcal/h}$$

12.1.2 Tanques de sedimentación

En los tanques de sedimentación se incrementa la temperatura de 40 a 70° C, estando estos situados en la cámara de máquinas, tal y como está indicado en el plano de la cámara de máquinas. El calor requerido tanto para incrementar la temperatura como para mantenerla es:

$$Q = 18068 \text{ kcal/h}$$

12.1.3 Tanques de servicio diario de HFO

En estos tanques se ha de incrementar la temperatura hasta los 120° C, la situación de los mismos es anexa a los tanques de sedimentación. A pesar de ello las condiciones de contorno varían tanto en el incremento de temperatura que ha de someter al fluido como a las temperaturas de los tanques fronterizos. El calor requerido para cubrir las necesidades de estos tanques son:

$$Q = 27980 \text{ kcal/h}$$

12.1.4 Tanque de aceite sucio, tanque de reboses y tanque de lodos

Los tanques cuyo destino son el aceite sucio, el tanque de reboses y derrames y el tanque de lodos, han de ser calentados únicamente en puerto para proceder a su descarga, la temperatura a la que se procederá con el bombeo de los mismos será de 50° C. Luego el calor requerido para incrementar la temperatura la temperatura de los mismos:

$$Q = 84736 \text{ kcal/h}$$

12.2 Necesidades de vapor de servicios del motor principal.

Los consumidores de vapor de los servicios del motor principal son los siguientes:

12.2.1 Calentador de combustible.

El calentador de combustible ha de elevar la temperatura de combustible desde 120° C hasta 150° C, según indicaciones del “Project Guide” del motor. Este calor se obtiene con la expresión:

$$Q = \frac{\dot{m} \cdot \rho \cdot C_e \cdot \Delta T}{t}$$

Y el requerimiento de calor es

$$Q = 28567 \text{ kcal/h}$$

12.2.2 Depuradora de aceite.

El aceite a calentar es el aceite del cárter. El caudal considerado es de 0,55 m³/h, luego el calor a aportar viene dado por:

$$Q = \dot{m} \cdot C_e \cdot (T_F - T_I)$$

La temperatura del aceite se ha de elevar desde los 70 hasta los 120° C.

Y el calor a aportar ha de ser de:

$$Q = 13890 \text{ kcal/h}$$

12.3 Necesidades de vapor de la habitación.

12.3.1 Agua caliente sanitaria.

El buque irá provisto de un tanque que permita disponer de una temperatura en grifo de 50° C. Puesto que el consumo horario es de 0,76. Estimando el 50% caliente, es necesario disponer de 0,38 T/h. Por encontrarse este tanque en la sala de maquinas el incremento de temperatura ha de ser de 30 °C. Y el calor necesario es:

$$Q = 11400 \text{ kcal/h}$$

12.3.2 Sistema de calefacción.

El caudal de aire requerido para llevar a cabo las renovaciones precisas de aire en el módulo de la habitación es de 6000 m³/h, y donde las condiciones de servicio serán las siguientes:

	Invierno	
	Exterior	Interior
Temperatura	-5°C	22°C
Humedad	30 %	50 %

El aire tomado del exterior supondrá el 60 % del exterior, tomándose el resto del zonas comunes, esto hace que se pueda estimar un temperatura de mezcla de 10 °C, con un calor específico de 0,24 kcal/kg y una densidad de 1,16 kg/m³. Así pues el calor requerido del sistema de vapor resulta:

$$Q = \dot{m} \cdot C_e \cdot (T_S - T_M)$$

Resultando:

$$Q = 16700 \text{ kcal/h}$$

12.4 Balance de vapor.

Recopilando todos los datos obtenidos en los apartados anteriores:

Sistema de combustible	
Tanques de almacenamiento de HFO	533.224
Tanques de sedimentación	180.680
Tanque de servicio diario HFO	27.980
Tanques de aceite	84.736
Servicio motor	
Calentador de combustible	28.567
Depuradora de aceite	13.890
Servicios de habilitación	
Agua caliente sanitaria	11.400
Sistema calefacción	16.700

Y con ello el flujo calor total requerido para satisfacer las necesidades del sistema es:

$$\dot{Q}_T = 897.177 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

Que representa un flujo másico de vapor de:

$$\dot{m} = 1,8 \text{ ton/h}$$

En puerto, las necesidades de vapor son inferiores a las detalladas anteriormente, a continuación se presenta un resumen de las mismas:

Sistema de combustible	
Tanques de almacenamiento de HFO	119.166
Tanques de sedimentación	58.048
Tanque de servicio diario HFO	47.690
Tanques de aceite	84.736
Servicio motor	
Calentador de combustible	5.890
Depuradora de aceite	2.356

Servicios de habilitación	
Agua caliente sanitaria	11.400
Sistema calefacción	16.700

La cantidad de calor requerida es:

$$\dot{Q}_T = 345.986 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

Que representa un flujo másico de vapor de:

$$\dot{m} = 0,7 \text{ ton/h}$$

12.5 Obtención de vapor.

Una vez conocida la demanda de calor necesaria para producir vapor, ha de buscarse el modo de obtención más económica, y puesto que el buque dispone de una fuente de calor inutilizable para otros fines, como es la emisión de gases procedentes del motor principal, esta se intentará aprovechar en la medida de lo posible.

Según el “Proyect Guide” entregado por el fabricante, el flujo másico de aire expulsado por el motor es de 253 t/h, a una temperatura de 314 °C. Para evitar problemas de corrosión, la temperatura a la salida de la caldereta de gases de escape será de 180 °C, esto permite disponer de un salto de temperatura de 134 °C.

Y así, el flujo de calor disponible es pues:

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot \text{PCI} \cdot (\Delta T)$$

PCI: Poder calorífico

ΔT : Incremento de temperatura

$$\dot{Q}_D = 847.550 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

Considerando unas pérdidas del 10 % en la caldereta de escape, la cantidad de calor de la que se dispone es:

$$\dot{Q}_D = 762.795 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

Cantidad superior a los requerimientos, y en consecuencia no será necesaria la instalación de una caldera para cubrir los requerimientos de vapor durante la navegación.

La caldereta de gases de escape permitirá obtener un flujo de vapor de:

$$\dot{m} = 2 \text{ ton/h}$$

12.6 Caldera auxiliar.

En puerto, el motor principal se encuentra parado y en consecuencia no se dispondrá del flujo de calor necesario para calentar el sistema de combustible a la temperatura óptima de realizar los trasiegos. Por ello el buque dispondrá de una caldera auxiliar que permitirá cumplir con estos requerimientos.

La caldera instalada será de HFO y capaz de suplir las necesidades de vapor a bordo. Estará ubicada en la plataforma B de la Cámara de Máquinas.

Tendrá capacidad para generar un flujo másico de vapor a $7,5 \text{ kg/cm}^2$ de:

$$\dot{m} = 900 \text{ kg/h}$$

Para recircular el vapor condensado se instala una bomba cuyas características son:

Bomba de condensado	
Nº de bombas	1
Caudal	250 m ³ /h
Presión	200 kPa
Consumo	15 kW

El consumo de combustible de la caldera es tal que la energía aportada por el combustible ha de elevar la entalpía del agua hasta el vapor saturado a $7,5 \text{ kg/cm}^2$. Esto supone un gasto energético de

$$\frac{kcal}{h} = 442800$$

El combustible utilizado tiene un poder calorífico de 10200 kcal/kg . Siendo el consumo horario:

$$Consumo = 43,2 \text{ kg/h}$$

13 Sistema de ventilación de cámara de máquinas.

La ventilación en cámara de máquinas tiene que ser suficiente para conseguir por un lado el oxígeno suficiente para la combustión del motor principal, grupos auxiliares y caldera auxiliar y por otro para cubrir las necesidades de refrigeración del motor principal.

Para realizar el cálculo del caudal de aire necesario para la combustión se tomará como valor un volumen de $7,7 \text{ m}^3$ por kW y hora. Así pues, si todos los consumidores de la cámara de máquinas se encuentran en funcionamiento, los requerimientos de aire son los siguientes:

	Potencia	Requerimiento aire
Motor Principal	23790 kW	183183 m^3/h
MM. AA	936 kW	7207 m^3/h

En cuanto al calor producido en la cámara de máquinas, se puede considerar que el motor principal generará un 1,2% de la potencia nominal y para el caso de los motores auxiliares, estas pérdidas suponen el 8% de la potencia eléctrica producida.

	Potencia	Calor producido
Motor Principal	23790 kW	285 kW
MM. AA	3200 kW	75 kW

Luego el calor generado en la cámara de máquinas es de 360 kW, y el caudal necesario de aire para evacuarlo viene dado por la expresión:

$$Caudal = \frac{3 \cdot \text{calor producido} \left(\frac{\text{kcal}}{\text{h}} \right)}{(T_m - T_e)}$$

Siendo:

T_m : Temperatura cámara de máquinas.
 T_e : Temperatura exterior.

Considerando una diferencia de temperaturas en el caso más desfavorable de 10 °C.
El caudal de aire necesario para evacuar el calor producido en la cámara de máquinas es de:

$$Caudal = 92863 \text{ m}^3/h$$

Puesto que además habrá que considerar la extracción de otros elementos, los cálculos proseguirán en el cuaderno 8.

14 Acrónimos

N	Numeral de equipo
Δ	Desplazamiento al calado de verano.
B	Manga.
H	Altura efectiva
A	Área en crujía de superestructuras y casetas.
d	Diámetro del redondo del eslabón mm
L	Longitud de la cadena en m.
D	Diámetro de la bocina del escoben
P_c	Peso de la cadena fuera del agua en kg
P_o	Peso del ancla fuera del agua en kg
v	Velocidad de izado en m/min
f	Coeficiente de rozamiento en estopor y escoben
η	Rendimiento mecánico del molinete.
n	Número de largos de cadena a elevar
e	Poder de agarre del ancla
v	Velocidad para despegar el ancla del fondo
Q_{L1}	Calor disipado en el enfriador de agua dulce
q_{iw}	Porcentaje de corrección
k_p	Factor de corrección
T_m	Temperatura cámara de máquinas.
T_e	Temperatura exterior.
S_i	Área de la superficie de transmisión
T_m	Temperatura media del fluido.
T_e	Temperatura en el exterior del tanque.
K_i	Coeficiente de transmisión del calor

15 Planos



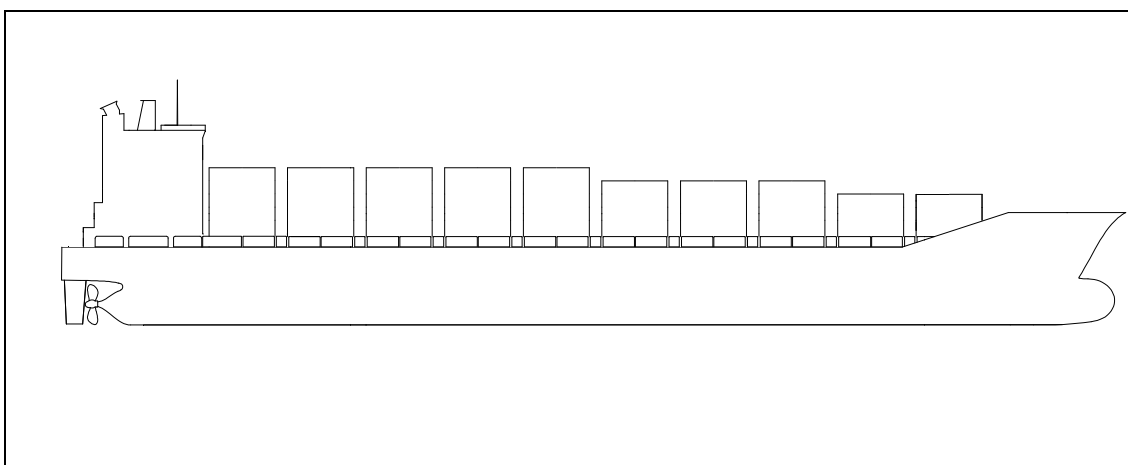
Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales

Universidad Politécnica de Madrid



Cuaderno 8

Equipos y Servicios



Portacontenedores 1750 TEUS

Proyecto Nº 012

Realizado por:

Ismael Fernández Gil

Especificaciones del proyecto

PROYECTO NÚMERO: CA5

TIPO DE BUQUE: Portacontenedores

CAPACIDAD DE CARGA: 1750 TEU's (120 refrigerados)

PESO MUERTO: 21000 TM

SOCIEDAD DE CLASIFICACIÓN: Lloyd's Register

REGLAMENTOS: Solas, Marpol, Convenio Líneas de carga

VELOCIDAD: 22 nudos al 85% MCR en pruebas

AUTONOMÍA: 12000 millas al 90% MCR y 15% de margen de mar

TRIPULACIÓN: 25 personas

Índice

1. Introducción.....	4
2. Equipo de fondeo amarre y remolque.....	6
2.1 Numeral de equipo.....	6
2.2 Características del equipo.....	6
3. Equipo de salvamento.....	13
3.1 Dispositivos de comunicación.....	13
3.2 Embarcaciones de salvamento.....	14
3.3 Dispositivos individuales de salvamento.....	16
4. Servicio de achique.....	17
4.1 Servicio de achique.....	17
5. Servicio contraincendios.....	21
5.1 Prevención contraincendios.....	21
5.2 Detección.....	23
5.3 Sistema de extinción.....	24
6. Servicio anti-escora.....	29
7. Servicio sanitario.....	30
7.1 Servicio de agua dulce.....	30
7.2 Potabilizadora.....	33
7.3 Planta de tratamiento de aguas residuales.....	33
8. Servicio de fonda y hotel.....	35
8.1 Cocina y oficinas.....	35
8.2 Gambuza.....	35
8.3 Lavandería.....	35

9. Servicio de aire acondicionado y ventilación.....	36
9.1 Servicio de aire acondicionado.....	36
9.2 Calefacción.....	37
9.2 Ventilación mecánica.....	37
10. Equipo de navegación, comunicación y automatización.....	42
10.1 Equipos de ayuda a la navegación.....	42
10.2 Equipo de comunicaciones.....	43
10.3 Equipo de automatizaciones.....	44
11. Equipo de gobierno.....	46
11.1 Timón.....	46
11.2 Servomotor.....	46
11.3 Hélice de maniobra.....	47
12. Servicio de carga.....	48
12.1 Escotillas de carga.....	48
12.2 Estiba de contenedores en bodega.....	48
12.3 Estiba de contenedores sobre las tapas de escotilla.....	49
13. Equipo de mantenimiento.....	50
14. Acrónimos.....	51

1. Introducción.

En este cuaderno se presentan los equipos y servicios que requiere el buque para que se produzca el correcto funcionamiento de los sistemas instalados y para permitir que las condiciones de vida a bordo cumplan con el convenio sobre trabajo marítimo. De este modo, los puntos que van a ser tratados son:

Equipos:

- Equipo de fondeo, amarre y remolque.
- Equipo de salvamento.
- Equipo de gobierno.
- Equipo de comunicación y ayuda a la navegación.
- Equipo de carga y descarga.
- Equipo de acceso y aprovisionamiento.

Servicios:

- Servicio de casco.
- Servicio de sentina.
- Servicio de lastre.
- Servicio contraincendios.
- Servicios de aireaciones, reboses y sondas de tanques.
- Servicios hidráulicos.
- Servicio sanitario.
- Servicio de tratamiento de residuos.
- Servicio de fonda y lavandería.

- Servicio de ventilación, calefacción y aire acondicionado.

Será también en este cuaderno y en el próximo en el que se detallen los requerimientos de las distintas instalaciones ligadas a la cámara de máquinas, pero que no han podido ser definidas en el cuaderno anterior. Así como las potencias que serán consumidas por los distintos equipos.

Los requerimientos de los distintos equipos vienen dados tanto por las reglas de la clase como por las exigencias del convenio SOLAS y el reglamento MARPOL.

2. Equipo de fondeo, amarre y remolque.

2.1 Numeral de equipo.

El numeral de equipo viene definido por la expresión [Ref 5]:

$$N = \Delta^{2/3} + 2 \cdot B \cdot H + \frac{A}{10}$$

Siendo:

- Δ : Desplazamiento al calado de verano.
- B: Manga.
- H: Altura efectiva
- A: Área en crujía de superestructuras y casetas.

Sustituyendo todos los valores ya obtenidos anteriormente, el numeral de equipo es:

$$N = 2471$$

2.2 Características del equipo.

2.2.1 Anclas

El número de anclas, y tamaño de las mismas viene dado por la sociedad de clasificación en función del numeral de equipo. Capítulo 10, sección 3. El ancla instalado a bordo será tipo hall y destinada a fondos poco compactos, con calidad de acero U1. Según el LRS para una cadena con 66 mm de diámetro de eslabón con la calidad mencionada anteriormente la carga de rotura es de 1660 kN, superior a la capacidad de agarre de cada ancla.

Unidades	3 (Una de respeto)
Peso	7350 kg

Longitud de cadena	605 m, (22 largos)
Diámetro de eslabón	66 mm

Las dimensiones de la misma son:

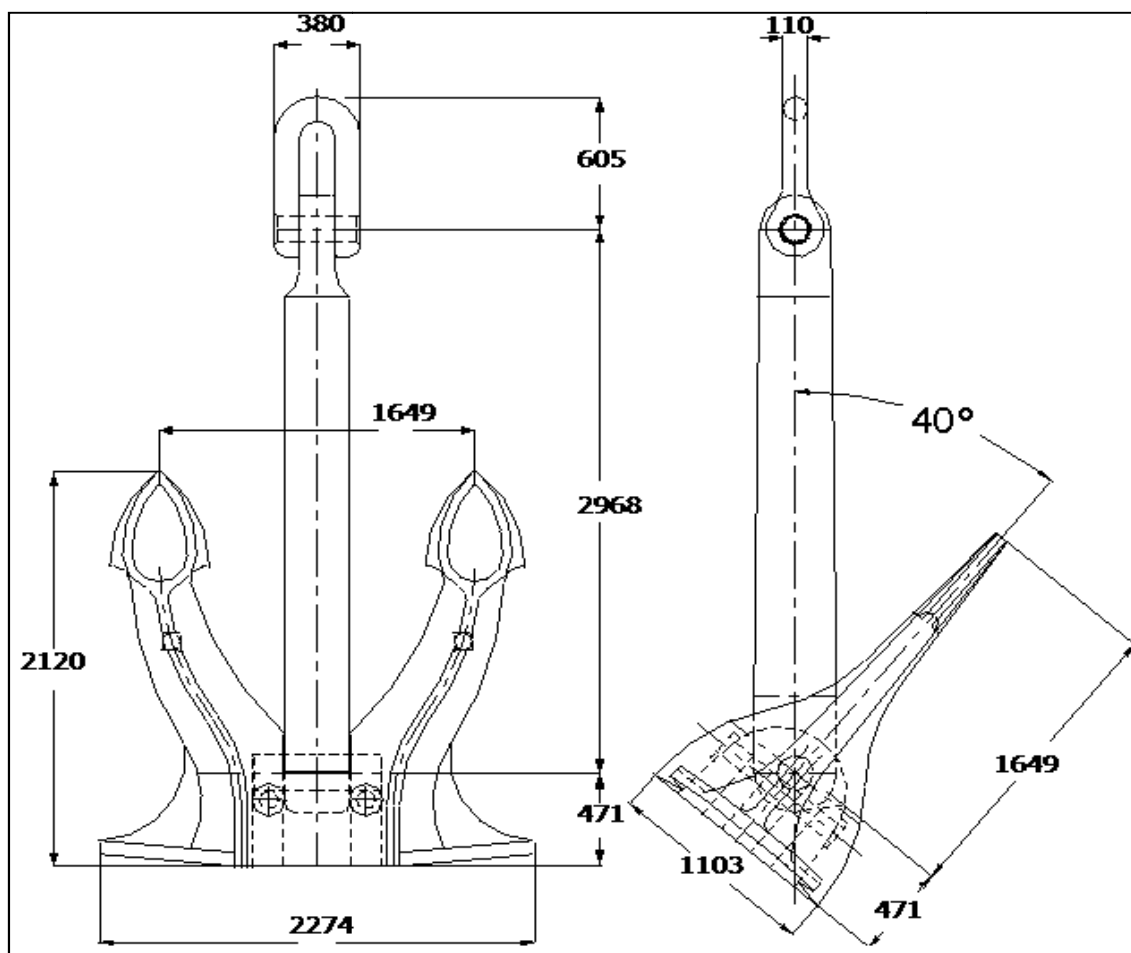


Figura 1

Siendo la capacidad de agarre de cada ancla de 840 kN,

2.2.2 Cables de remolque.

Longitud: 240 m
Carga de rotura: 1453 kN

2.2.3 Amarras.

Número de líneas: 5

Longitud de cada línea: 200 m

Carga de rotura 481 kN

2.2.4 Caja de cadenas.

El volumen aparente ocupado por la caja de cadenas viene dado por la expresión [Ref 6]:

$$V = 0,082 \cdot d^2 \cdot L \cdot 10^{-4}$$

Siendo:

d: Diámetro del redondo del eslabón mm

L: Longitud de la cadena en m.

$$V = 10,4$$

En este volumen no está considerado el espacio para el drenado ni el de caída de la cadena o acceso a la caja, es decir, que a la altura obtenida a raíz de esta expresión se le ha de sumar 1,2 m para la caída de la cadena, y 0,4 m para el drenado.

Por facilidades constructivas, la caja de cadenas será considerada como un paralelepípedo, ambas situadas simétricas respecto de crujía. Siendo las dimensiones: 1950 x 1950 mm, por tanto su altura mínima tendrá que ser:

$$h_{\min} = \frac{V}{A} + 1,6$$

$$h_{\min} = 5,08 \text{ m}$$

En la parte inferior de la caja se dispondrá de un enjaretado metálico que permita filtrar el agua que se introduzca en la caja durante su estiba. Disponiendo de las aberturas necesarias en la amura para permitir el desalojo de este agua.

2.2.5 Escobenes.

Se colocan dos escobenes, uno a cada banda. Su posición y pendiente deben de ser tal que faciliten las operaciones de estibar y largar el ancla, evitando cualquier daño al casco durante dichas operaciones. Las zonas en contacto con las cadenas o con el ancla deben ser redondeadas. La parte final dispondrá además de un nicho donde irá estibado el ancla durante la navegación.

El diámetro mínimo del interior de la bocina del escoben se obtiene mediante la expresión [Ref 6]:

$$D = ((100 - d_c) \cdot 0,03867 + 7,5) \cdot d_c$$

Siendo:

D: Diámetro de la bocina del escoben
d: Diámetro del redondo del eslabón mm

$$D = 581 \text{ mm}$$

Cada escoben cuenta con tubos de agua a chorro, alimentados por el sistema contraincendios, y cuyo fin es endulzar y limpiar la cadena.

2.2.6 Estopor.

Durante la navegación, el ancla se mantendrá en su posición mediante un elemento denominado estopor, situado entre el barbotín y la gatera del escobén.

El estopor debe de ser capaz de soportar un tiro del 80% de la carga de rotura de la cadena. A su vez, la cubierta deberá estar convenientemente reforzada en esta zona y poder soportar grandes cargas puntuales.

Se monta un estopor manual entre cada molinete y le escobén correspondiente.

2.2.7 Molinetes de anclas.

Se instalarán dos unidades combinadas molinete-chigre de amarre de accionamiento hidráulico (soporta mejor el ambiente marino que el accionamiento eléctrico) capaz de izar el ancla y cuatro largos de cadena a una velocidad de 11 m/min y de manejar líneas de amarre con una fuerza de tracción de 20 t y 15 m/min.

La potencia del molinete necesaria para el izado del ancla y la cadena, viene dada por [Ref 5]:

$$P = \frac{0,87 \cdot (n \cdot P_c + P_a) \cdot v \cdot f}{60 \cdot 75 \cdot \eta}$$

Siendo:

- P_c: Peso de la cadena fuera del agua en kg
- P_a: Peso del ancla fuera del agua en kg
- v: Velocidad de izado en m/min
- f: Coeficiente de rozamiento en estopor y escoben
- η: Rendimiento mecánico del molinete.
- n: Número de largos de cadena a elevar

La fórmula anterior no contempla el despegar el ancla del fondo, por lo que la potencia obtenida anteriormente se ha de incrementar de la siguiente manera:

$$P = \frac{(0,87 \cdot (n \cdot P_c + P_a) + e \cdot P_a) \cdot v_1 \cdot f}{60 \cdot 75 \cdot \eta}$$

Siendo:

e: Poder de agarre del ancla

v: Velocidad para despegar el ancla del fondo

Igualando las dos potencias, puesto que la potencia del molinete será sólo una, se obtiene la relación entre la velocidad de izado, v, y la de despegue del ancla, v1:

$$\frac{v}{v_1} = 1 + \frac{e \cdot P_a}{0,87 \cdot (P_c + P_a)}$$

Sustituyendo valores en las expresiones anteriores:

Potencia molinete:

$$P = 132 \text{ CV}$$

Expresada en kW:

$$P = 97 \text{ kW}$$

Velocidad para despegar el ancla del fondo:

$$v_1 = 5,7 \text{ m/min}$$

Los chigres de popa (3 unidades), destinados al manejo de las líneas de amarre de popa, también serán dimensionados para cobrar las estachas con una fuerza de 20 t a una velocidad de 15 m/min. Luego la potencia requerida por estos es:

$$P = 50 \text{ kW}$$

Por unidad.

2.2.8 Otros elementos

Además de todos los elementos descritos anteriormente se colocarán otros como son bitas, alavantes y gateras.

El número de bitas y su posición serán determinadas en una fase posterior del proyecto, puesto que corresponde al armador tomar la decisión, en función de las necesidades de maniobra del buque.

Para evitar que las amarras rocen sobre las cubiertas cuando son operadas desde los cabriones de los molinetes o cabestrantes, se colocarán alavantes, sirviendo además para guiarlas.

Las gateras tienen como función guiar las amarras desde los puntos donde se han hecho firmes, fuera del buque, hasta las bitas colocadas sobre cubiertas. Así pues, el número de gateras coincidirá aproximadamente con el número de bitas.

3. Equipo de salvamento.

De acuerdo con el convenio SOLAS, Capitulo III, Sección III, el buque ha de estar dotado de los equipos siguientes:

3.1 Dispositivo de comunicaciones.

3.1.1 Aparatos radiotelefónicos.

El buque dispondrá de tres aparatos radiotelefónicos, de tipo bidireccional de ondas métricas.

3.1.2 Respondedores de radar.

Se instalarán dos respondedores de radar, uno a cada banda y situados de forma que puedan ser embarcados rápidamente en cualquier embarcación de supervivencia.

3.1.3 Cohetes lanza-bengalas.

El buque contará con doce cohetes lanza-bengalas.

3.1.4 Sistema de alarma general de emergencia.

Se empleará para convocar al personal de abordó a los puestos de reunión e iniciar las operaciones indicadas en el cuadro de obligaciones.

3.2 Embarcaciones de salvamento.

3.2.1 Bote salvavidas.

El buque cuenta con un bote salvavidas con pescante de caída libre, fabricado de poliéster reforzado con fibra de vidrio, con capacidad para 25 personas y propulsado por un motor diesel con combustible para 24 horas a 4 nudos. Estará situado a popa de la superestructura, y se tendrá acceso al mismo desde la cubierta C. Puesto que se trata de un bote de puesta a flote por caída libre será completamente cerrado.

3.2.2 Bote de rescate.

Este estará situado en la cubierta A, y será operado desde un pescante. Contará con una capacidad para 6 personas.

Consumo eléctrico de los chigres:

$$P = 17 \text{ kW}$$

3.2.3 Balsas salvavidas.

Se dispondrá de dos balsas salvavidas auto-inflables con capacidad para 25 personas cada una, situadas dos a cada banda de la superestructura. Puesto que la distancia desde la proa hasta el lugar más próximo en el que se encuentran las balsas es superior a 100 m, en proa se instalará una balsa con capacidad para 15 personas. Las balsas salvavidas contarán con los siguientes elementos:

Envoltura exterior	
Mantenimiento	Nombre del fabricante o marca comercial
	Número de serie
	Nombre de la autoridad que la aprobó

	Fecha de la última revisión
--	-----------------------------

Operativas	Longitud de la boza
	Máxima altura de estiba por encima de la flotación
	Instrucciones para puesta a flote

Seguridad	Número de personas autorizadas
	SOLAS
	Tipo de paquete de emergencia

Balsa salvavidas	
Mantenimiento	Nombre del fabricante o marca comercial
	Nombre de la autoridad que la aprobó
	Número de serie
	Nombre y localización de la estación de servicio de la última revisión
	Fecha de fabricación

Seguridad	Número de personas autorizadas
Alimentación	Ración de alimento por persona 10.000kJ
	1.5 litros por persona en recipiente estanco
	Vaso graduado
	3 Abrelatas
	1 Juego de aparejos de pesca

Señalización	6 Bengalas de mano
	4 Cohetes lanza bengalas con paracaídas
	2 Señales fumígenas
	1 Silbato
	1 Espejo de señales
	1 Linterna eléctrica con bombilla y pilas de respeto
	1 Reflector de radar.

Protección y salud	1 Botiquín de primeros auxilios
	Ayudas térmicas
	Dosis de medicamento contra mareo
	Aro flotante con rabiza

3.3 Dispositivos individuales de salvamento.

3.3.1 Chalecos salvavidas.

El buque contará con chalecos salvavidas para cada uno de los tripulantes más un 50% de respeto, luego el número mínimo de chalecos con los que ha de contar el buque es de 40.

3.3.2 Aros salvavidas.

Se dispondrá de 12 unidades. Irán distribuidos de forma que estén fácilmente disponibles a ambas bandas del buque, y en la medida de lo posible, en todas las cubiertas que se extiendan hasta el costado del buque. Están estibados de modo que sea posible soltarlos rápidamente y no sujetos de ningún modo por elementos de fijación permanente. La mitad de los aros salvavidas irán provistos de luces de encendido automático y dos de estos cuentan también con señales fumígenas de funcionamiento automático. A cada banda del buque se instala un aro salvavidas provisto de una rabiza flotante.

3.3.3 Trajes de inmersión y ayuda térmica.

Por cada bote salvavidas que haya a bordo deben existir al menos tres trajes de inmersión, y una ayuda térmica para cada una de las personas que hayan de ir en el bote y para las cuales no se haya provisto de un traje de inmersión.

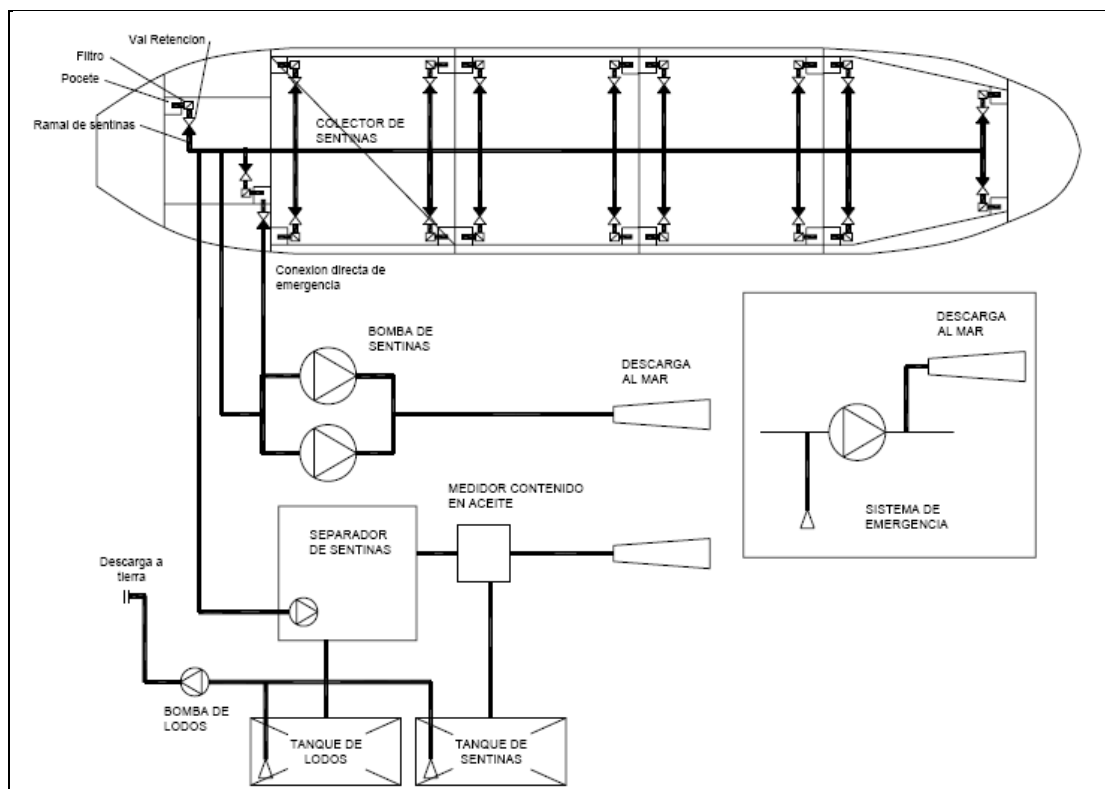
4. Servicio de achique.

4.1 Servicio de achique.

El sistema de achique se diseña para que pueda achicar cualquier local estanco cuando el buque con asiento normal está adrizado o esorado menos de 5°. Para este fin se instalarán, en las bodegas de carga, cámara de máquinas, local del servomotor y local de la hélice de maniobras pozos de achique y aspiraciones en las esquinas de cada banda. En los compartimentos de agua de lastre el emplazamiento de las aspiraciones será tal que los trasiegos de agua de mar puedan realizarse convenientemente en las condiciones normales de explotación del buque.

Al tener nuestro buque una eslora mayor de 90 m. es necesario instalar dos bombas mecánicas independientes, que serán del tipo centrífuga auto-cebada, accionada por motor eléctrico y que se situarán en la cámara de máquinas.

Los circuitos de achique y lastre serán independientes entres sí. A continuación se muestra un esquema del sistema de sentinas [Ref 15].



4.1.1 Colector principal de sentinas.

El diámetro interior de la tubería principal de sentinas no será inferior a lo que exige por la siguiente fórmula, dada por la sociedad de clasificación [Ref 8]:

$$D_{col} = 1,68 \cdot \sqrt{L \cdot (B + D)} + 25$$

Siendo:

L: Eslora entre perpendiculares del buque
 B: Manga del buque
 D: Puntal del buque

Resultando:

$$D_{col} > 177 \text{ mm}$$

Se instalará un colector de 200 mm y Schedule 70.

4.1.2 Bombas sentinas.

Se instalarán dos bombas cuyo caudal será tal que cada una pueda imprimir al agua dentro del colector una velocidad mínima de 122 m/min, siendo de este modo la capacidad de cada una:

$$Q = 230 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Unidades instaladas: 2

Unidades en servicio: 1

Tipo: Centrifuga autocebada accionada por motor eléctrico

Caudal: 250 m³/h

Presión de descarga: 2 bar

Densidad del fluido: 1025 kg/m³

Potencia del motor: 20 kW

4.1.3 Bombas de lastre.

Las bombas han de ser capaces de deslastrar el buque a la misma velocidad con que se carga, pues de no ser así sería necesario suspender momentáneamente la carga para no sumergir las marcas del francobordo. Si se considera que el ritmo de carga es de 30 contenedores por hora, y que el peso medio de un TEU es de 13 t por hora, las bombas de lastre han de tener una capacidad de al menos 410 m³/h. Las características de cada bomba son:

Unidades instaladas: 2

Unidades en servicio: 1

Tipo: Centrifuga autocebada accionada por motor eléctrico

Caudal: 450 m³/h

Presión de descarga: 2 bar

Densidad del fluido: 1025 kg/m³

Potencia del motor: 72,5 kW

4.1.3 Separador de sentinas.

Para cumplir con lo exigido por el MARPOL, se instalará un separador de aguas oleaginosas estático el cual dispondrá de dispositivo de descarga manual para el aceite separado y con un serpentín de calefacción a vapor, el cual será capaz de producir efluente cuyo contenido de hidrocarburos no exceda 15 ppm. Este equipo dispondrá de un dispositivo automático de detección cuando el contenido de hidrocarburos sobrepasa las 15 ppm.

Unidades instaladas:	1
Unidades en servicio:	1
Tipo:	Centrifuga accionada por motor eléctrico
Caudal:	5 m ³ /h
Presión de descarga:	3 bar
Densidad del fluido:	950 kg/m ³
Potencia del motor:	1,14 kW

La bomba aspira de la sentina los derrames de los distintos tanques de la cámara de máquinas. El agua limpia que sale del separador es descargada al mar y los hidrocarburos son enviados al tanque de aguas aceitosas para, desde este, ser conducidos al incinerador.

5. Servicio contraincendios.

La regulación de los aspectos correspondientes a este servicio viene recogida en el SOLAS y sus objetivos son como siguen:

- Prevención y contención, donde se especifican las medidas que hay que tomar para evitar que se produzca un incendio.
- Sistemas de detección necesarios para que, en caso de producirse un incendio a bordo este sea atacado con la mayor brevedad y eficiencia posible.
- Extinción con los distintos sistemas, dependiendo de la zona en que el incendio se haya iniciado.

5.1 Prevención contraincendios.

Las prescripciones relativas a la prevención y contención de incendios emitidas por el SOLAS contemplan tres métodos de protección:

5.1.1 Método IC

La construcción de mamparos de compartimentado interior irá construida con materiales incombustibles (clase B o C). No se instalará a bordo ningún sistema automático de rociadores, detección de incendios ni alarma en los espacios de alojamiento o servicio.

5.1.2 Método IIC

Este método cuenta con sistema automático de rociadores, detección de incendios y alarma contraincendios para detectar y extinguir un incendio en todos los locales que pueda producirse.

5.1.3 Método IIIC

Se instala un sistema fijo de detección de incendios y alarma contraincendios en todos los espacios en los que pueda producirse un incendio, sin restricciones en general en cuanto al tipo de mamparos de compartimentado interior, si bien la superficie de cualquier espacio de alojamiento limitado por divisiones de clase A o B no excede en ningún caso de 50 m².

Este proyecto contará con el método IIC. La integridad del fuego de los mamparos y cubiertas para evitar la propagación de incendios, según estipula el convenio SOLAS, se muestra en las tablas siguientes.

Espacios adyacentes	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Puesto de control	A-0	A-0	A-60	A-0	A-15	A-60	A-15	A-60	A-60
Pasillos (2)	-	C	B-0	B-0	B-0	A-60	A-0	A-0	A-0
Alojamientos (3)	-	-	C	B-0	B-0	A-60	A-0	A-0	A-0
Escaleras (4)	-	-	-	B-0	B-0	A-60	A-0	A-0	A-0
Espacios de servicio (5)	-	-	-	-	C	A-60	A-0	A-0	A-0
Espacios de categoría A para máquinas (6)	-	-	-	-	-	A-60	A-0	A-0	A-60
Otros espacios para máquinas (7)	-	-	-	-	-	-	A-0	A-0	A-0
Espacios de carga (8)	-	-	-	-	-	-	-	A-0	A-0
Espacios de servicios (9)	-	-	-	-	-	-	-	-	A-0

Espacio superior \ Espacio inferior	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Puesto de control	A-0	A-0	A-0	A-0	A-0	A-60	A-0	A-0	A-0
Pasillos (2)	A-0	A-0	A-0	A-0	A-0	A-60	A-0	A-0	A-0
Alojamientos (3)	A-60	A-0	A-0	A-0	A-0	A-60	A-0	A-0	A-0
Escaleras (4)	A-0	A-0	A-0	A-0	A-0	A-60	A-0	A-0	A-0
Espacios de servicio (5)	A-15	A-0	A-0	A-0	A-0	A-60	A-0	A-0	A-0
Espacios de categoría A para máquinas (6)	A-60	A-60	A-60	A-60	A-60	A-0	A-60	A-30	A-60
Otros espacios para máquinas (7)	A-15	A-0	A-0	A-0	A-0	A-0	A-0	A-0	A-0
Espacios de carga (8)	A-60	A-0	A-0	A-0	A-0	A-0	A-0	A-0	A-0
Espacios de servicios (9)	A-60	A-0	A-0	A-0	A-0	A-60	A-0	A-0	A-0

En función de sus características frente al incendio, las divisiones de clase A han de cumplir los siguientes requisitos:

- Han de ser de acero o material equivalente.
- Han de estar convenientemente reforzadas.
- Han de impedir el paso de humo o llamas durante una hora.
- Aislados con material incombustible de manera que la temperatura de la cara expuesta no suba más de 139° C por encima de la temperatura inicial.
- En ningún punto del material la temperatura ha de subir más de 180° C por encima de la temperatura inicial en los siguientes intervalos de tiempo:

A – 60	60 min
A – 30	30 min
A – 15	15 min
A – 0	0 min

Las divisiones de clase B son menos restrictivas y de ahí su menor utilización a bordo, los requisitos de las mismas son:

- Han de tratarse de materiales incombustibles.
- Han de impedir el paso de llamas y humo durante al menos una hora.
- La temperatura no ha de subir más de 139° C en la cara expuesta ni más de 225° C por encima de la temperatura inicial en ningún punto del material.

Las divisiones de clase C, son aquellas compuestas por materiales incombustibles.

5.2 Detección.

El sistema de detección de incendios está formado por el conjunto de detectores automáticos, pulsadores y el cuadro de control situado en el puente de gobierno.

Este sistema, una vez recibida la señal, ya sea procedente de los pulsadores o de los detectores automáticos, activa una alarma óptica en el cuadro. Pasados dos minutos, si el aviso no es cancelado se activa el sistema de alarma general de emergencia.

Los sistemas de alarma disponibles en el mercado, funcionan de tal modo que una vez activada una alarma, el resto de detectores seguirán funcionando de forma independiente. De esta forma el sistema no quedará inutilizado en caso de que este averiado alguno de los detectores.

Según consta en el SOLAS, los espacios de alojamiento y de servicio y los puestos de control de los buques de carga estarán protegidos con un sistema fijo de detección de incendios y de alarma contra incendios.

5.3 Sistemas de extinción.

5.3.1 Servicio de baldeo y contra incendios.

Según SERVIMAR no es necesario que en los buques de carga la capacidad total de las bombas contra incendios, aparte de la de emergencia, exceda de 180 m³/h. Por otra parte, la misma regla establece que cada una de las bombas contra incendios, con excepción de las de emergencia, tendrán una capacidad no inferior al 80% de la capacidad total exigida dividida por el número de bombas.

La regla 52 especifica que en todo buque de arqueado bruto igual o superior a 1000 ton habrá al menos dos bombas contra incendios de accionamiento independiente y si el arqueado bruto es igual o superior a 2000 ton deberá existir una tercera bomba de emergencia de accionamiento eléctrico alimentada por el cuadro de socorro.

Para garantizar que el sistema está permanentemente bajo presión, se instalará un tanque de presión y así evitar que las bombas se encuentren

permanentemente arrancadas. Este tanque tendrá una entrada de aire que aporta la presión y otra de agua.

Para el cumplimiento de estas disposiciones se instalarán tres bombas, una de ellas de emergencia. Sus características son:

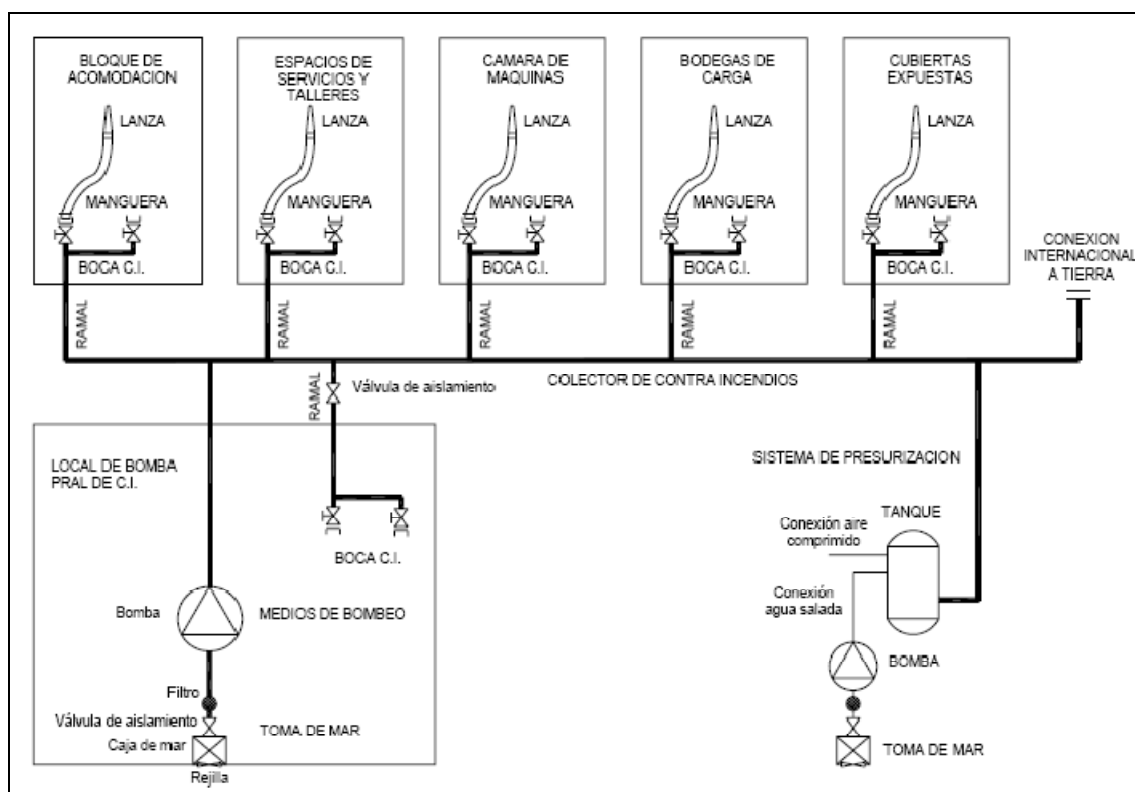
- Bombas de baldeo y contraincendios:

Unidades instaladas:	2
Unidades en servicio:	1
Tipo:	Centrifuga accionada por motor eléctrico
Caudal:	90 m ³ /h
Presión de descarga:	8 bar
Densidad del fluido:	1025 kg/m ³
Potencia del motor:	59,2 kW

- Bomba de contraincendios de emergencia.

Debe de tener una capacidad no inferior al 40% de la capacidad total de las bombas de las reglas contraincendios y en todo caso no debe ser menor de 25 m³/h:

Unidades instaladas:	1
Unidades en servicio:	1
Tipo:	Centrifuga accionada por motor eléctrico
Caudal:	30 m ³ /h
Presión de descarga:	8 bar
Densidad del fluido:	1025 kg/m ³
Potencia del motor:	49,35 kW



5.3.2 Sistema por CO₂.

Se dispondrá de una instalación de extinción de incendios por gas CO₂ en cámara de máquinas, local del servo, local generador de emergencia y pañol de pinturas. El gas CO₂ se almacenará en botellas de acero de alta presión, que irán instaladas dentro del compartimento indicado en el plano de D.G. junto con los dispositivos apropiados para el ponderado y manejo de las botellas.

Para la cámara de máquinas se dispondrá de un dispositivo de descarga de tipo inundación total, pilotos que serán accionados in situ para la descarga del gas a alta presión a un dispositivo que abrirá asimismo los restantes dispositivos. El sistema dispondrá de una alarma neumática o eléctrica que será accionada cuando la puerta de la caja donde están el disparador principal y las válvulas se abra. Por otro lado se han de instalar sistemas capaces de detener los ventiladores de la cámara de máquinas cuando se suelte el gas.

De acuerdo con el SOLAS, la cantidad de CO₂ disponible habrá de ser suficiente para dar un volumen mínimo de gas libre igual al mayor de los espacios protegidos, que será el 35% del volumen de la cámara de máquinas incluido el guardacalor. El volumen de la cámara de máquinas es de 8.533 m³. Luego el volumen a proteger es de:

$$V = 2990 \text{ m}^3$$

Por ser el volumen específico del gas de 0,56 m³/kg, la masa de gas necesaria es:

$$\text{masa co}_2 = 5340 \text{ kg}$$

Y el número de botellas de 45 kg cada una es:

$$\text{N}^\circ \text{ botellas} = 119$$

Estas botellas irán almacenadas en un local situado en la popa del buque, independiente de todos los espacios protegidos y con acceso desde la cubierta de intemperie. La escotilla de acceso, mamparos y cubierta límite del compartimento serán estancos al gas.

5.3.3 Sistema de rociadores.

Asimismo, se instalará un sistema automático de rociadores, alarma y detección de incendios en las zonas de alojamiento, según consta en el SOLAS. Esto incluye desde la cubierta superior hasta el puente

En bodegas, nada de esto es necesario por disponer el buque de tapas de escotilla de acero.

5.3.4 Válvulas neumáticas de disparo rápido.

Se dispondrá de un sistema neumático para el cierre de las válvulas de combustible y aceite de cámara de máquinas, que se cerrará instantáneamente en caso de incendio, según requieren los reglamentos. Se dispondrá fuera de la cámara de máquinas y de acuerdo con las indicaciones del Lloyd's Register.

5.3.5 Extintores portátiles y otros

Se dispondrán de extintores, mangueras, toberas, etc. En acomodaciones, cubiertas, cámara de máquinas y en todos los compartimentos en que así lo imponga los reglamentos.

6. Servicio anti-escora

El servicio de lastre además de garantizar el correcto trimado del buque durante las operaciones de carga y descarga, permitirá con una serie de válvulas dispuestas con actuadores automáticos que el llenado de tanques de lastre se realice de tal modo que evite escoras excesivas. Puesto que los tanques del doble casco son destinados al servicio de lastre, el momento generado por los mismos será mayor que los del doble fondo.

Además se dispone de un centro de control de carga donde están centralizados todos los datos y los mecanismos de control del servicio de lastre y anti-escora.

7. Servicio sanitario.

7.1 Servicio de agua dulce.

La cantidad de agua dulce que se encuentre a bordo debe cubrir la demanda de los diversos usuarios, además de ser capaz de reponer las pérdidas de los circuitos de agua dulce y vapor. El agua sanitaria necesaria se viene estimando con un consumo medio por persona de 150 l/día.

Esto genera unos requerimientos de:

$$Q = 4 \text{ ton/día}$$

Por otro lado, y debido al sobrante de calor emitido en el circuito de alta del motor principal, se instalará una planta de producción de agua dulce, la cual irá instalada en la cámara de máquinas. Esta planta, con un correcto dimensionamiento, permitirá que la autonomía del buque no se vea restringida por el servicio de agua dulce.

Por lo tanto a bordo se instalará un generador capaz de entregar una producción de agua dulce de 20 ton/día. Su funcionamiento versará en el calor disipado en el sistema de refrigeración de las camisas del motor principal. La cantidad de calor disponible para la generación de agua dulce es:

$$Q_{jw,o} = \frac{Q_{L1} \cdot q_{jw}}{90}$$

Siendo:

Q_{L1} : Calor disipado en el enfriador de agua dulce
 q_{jw} : Porcentaje de corrección

Sustituyendo valores se obtiene:

$$Q_{jw,o} = 4.230 \text{ kW}$$

- Tanque de agua dulce.

El tanque cuyo destino será el almacenamiento de agua dulce irá situado a popa de la bodega diez, de este modo se reducirán los conductos necesarios para comunicar el tanque con los puntos de utilización del agua dulce, que se encuentran en la superestructura del buque.

$$V = 147,4 \text{ t}$$

- Bomba de agua dulce sanitaria.

El consumo punta se estimará considerando que el 50% de los tripulantes requieren de 0,1 l/s, luego el caudal de la bomba ha de ser de:

$$Q = 4,5 \text{ m}^3/h$$

Esta bomba ha de elevar el agua desde el tanque almacén hasta el servicio más alto, pasando por el tanque hidróforo. El aseo más elevado se encuentra en el puente de gobierno a una altura de 20,1 m sobre la cubierta principal. La presión diferencial que debe de entregar la bomba viene dada por:

$$p = h_1 + h_2 + h_3 - h_4$$

Siendo:

- h_1 : Altura sobre la línea base de la salida del servicio más elevado
- h_2 : Perdidas de carga y presión de salida
- h_3 : Diferencia entre la presión de arranque y parada de la bomba
- h_4 : Altura sobre la línea base del tanque almacén

Expresando todas las magnitudes en metros de columna de agua, resulta una presión de:

$$p = 30 \text{ mca}$$

Se instalarán dos bombas de las siguientes características:

Unidades instaladas:	2
Unidades en servicio:	1
Tipo:	Centrifuga accionada por motor eléctrico
Caudal:	4,5 m ³ /h
Presión de descarga:	5 bar
Densidad del fluido:	1000 kg/m ³
Potencia del motor:	2,0 kW

- Tanque hidróforo.

La capacidad de este tanque viene dada por la expresión:

$$V = \frac{h_1 + h_2 + h_3 + 10 - h_5}{h_3} \cdot \frac{0,36 \cdot N/2}{2 \cdot n}$$

Siendo:

- h₅: Altura sobre la línea base del tanque hidróforo
n: Número máximo de arranques que puede tener la bomba del tanque
N: Tripulantes del buque

$$V = 0,63 \text{ m}^3$$

Debido a que el tanque ha de contar con una zona de decantación, el volumen del mismo se ha de incrementar en un 10% resultando un volumen necesario de:

$$V = 700 \text{ l}$$

- Unidad de agua caliente.

La unidad de agua caliente constará de un calentador por vapor, provisto también con sistema de calentamiento eléctrico, de 300 litros y con capacidad para elevar la temperatura del agua hasta los 60 °C y por dos bombas de circulación de agua caliente.

Estará conectada al equipo hidróforo de agua dulce. Las características de las bombas son las siguientes:

Unidades instaladas:	2
Unidades en servicio:	1
Tipo:	Centrifuga accionada por motor eléctrico
Caudal:	2 m ³ /h
Presión de descarga:	2 bar
Densidad del fluido:	1000 kg/m ³
Potencia del motor:	0,5 kW

El consumo del calentador eléctrico se estima en 12 kW.

7.2 Potabilizadora

Se instalará una planta potabilizadora y esterilizadora del agua obtenida en el generador de agua dulce, de 1000 l/h de capacidad.

El consumo de la potabilizadora es de 0,1 kW

7.3 Planta de tratamiento de aguas residuales.

Las aguas residuales se recogen mediante un sistema que funciona por gravedad, descargando en un tanque colector, el cual se encuentra en la plataforma C de máquinas (9900 mm sobre la línea base). Para que el sistema funcione correctamente, todas las conducciones han de contar con la inclinación adecuada en todos sus tramos.

De este tanque colector, los residuos son enviados a la planta depuradora, la cual es la encargada de separar los desechos sólidos y los líquidos.

La capacidad de la planta depuradora es de 7 m³/día.

El consumo de la planta de tratamiento es de 5 kW.

La descarga en puerto se hace mediante la bomba de lodos, cuyas características con como sigue:

Unidades instaladas:	1
Unidades en servicio:	1
Tipo:	Centrifuga accionada por motor eléctrico
Caudal:	6 m ³ /h
Presión de descarga:	3 bar
Densidad del fluido:	1000 kg/m ³
Potencia del motor:	1 kW

8. Servicio de fonda y hotel

8.1 Cocina y oficinas.

La cocina estará equipada con los siguientes aparatos eléctricos, tomados de un buque base de similares características:

Cocina eléctrica:	22 kW
Horno:	5 kW
Amasadora:	1,1 kW
Marmita:	5 kW
Parilla:	2 kW
Peladora:	0,5 kW

8.2 Gambuza.

La estiba de pertrechos se lleva a cabo con el pescante situado en popa. El espacio destinado al almacén de elementos se fracciona en cuatro gambuzas, distribuidos todos los elementos en función de las temperaturas de conservación de los alimentos almacenados.

Las condiciones de los diferentes espacios son las siguientes:

Espacio para carne:	-18 °C
Espacio para pescado:	-18 °C
Espacio para vegetales:	4 °C
Gambuza seca:	Temp. Amb.

Cada unidad dispone de un compresor/condensador de 5,75 kW de potencia eléctrica y 5 ventiladores de 0,2 kW unidad.

8.3 Lavandería.

El equipo de lavandería está formado por tres lavadoras eléctricas de 7 kg de ropa cada una y una secadora de 8 kg. El consumo del conjunto se evalúa en 25 kW

9. Servicio de aire acondicionado, calefacción y ventilación.

9.1 Servicio de aire acondicionado.

El objetivo de este sistema es mantener el aire en el interior de los locales en unas condiciones adecuadas de temperatura, grado de humedad y composición química, todo ello con independencia de las condiciones atmosféricas exteriores.

El sistema más habitual es la instalación centralizada con un solo conducto. El tratamiento térmico de aire se efectúa únicamente en la unidad de aire acondicionado dónde una mezcla de aire exterior y aire recirculado es enfriado y deshumedecida en verano y calentada y humedecida en invierno.

De la cantidad de aire que se ha de acondicionar se tomará una parte de aire exterior (aproximadamente el 60 %) y el resto se tomará de pasillos, recirculándose posteriormente –excepto el procedente de hospital, aseos y oficinas-. La corriente de aire es producida por varios ventiladores instalados en un local destinado a tal efecto. El aire es distribuido a continuación a los conductos de los locales que se quiere acondicionar. En el extremo final de cada conducto hay un difusor con su correspondiente válvula de regulación para reducir la presión de salida y los ruidos.

El tratamiento térmico de aire está controlado por un equipo de regulación automático centralizado. La temperatura de cada local es fácilmente controlada por los ocupantes del local, haciendo cambiar el flujo de salida. Una parte del caudal de aire es llevada de nuevo al acondicionador a través de los pasillos para su recirculación y otra es expulsada al exterior a través de los extractores de los aseos, cocinas, etc. Las renovaciones necesarias varían en función del local considerado, en el punto siguiente serán mencionadas las renovaciones hora necesarias.

La refrigeración se efectúa mediante un sistema por expansión directa mientras que el calentamiento del aire se realiza por medio de vapor.

El sistema de aire acondicionado instalado es del tipo de alta presión y alta velocidad, constituido por un compresor de 50 kW, un condensador y una unidad de acondicionamiento operada con vapor y R410A.

El ventilador para generar la correcta distribución del aire tiene un consumo de 40 kW.

La instalación estará diseñada para soportar las siguientes condiciones:

	Invierno	
	Exterior	Interior
Temperatura	-5°C	22°C
Humedad	30 %	50 %

	Verano	
	Exterior	Interior
Temperatura	35°C	25°C
Humedad	80 %	50 %

9.2 Calefacción.

El calentamiento del aire se realiza mediante el sistema de vapor, cuyos requerimientos son incluidos en los cálculos del dimensionamiento de dicho sistema.

9.3 Ventilación mecánica.

9.3.1 Ventilación de espacios de acomodación y casco.

9.3.1.1 Impulsores y extractores de cocina, gambuza y lavandería.

Los cálculos de los caudales y potencias de los ventiladores a instalar se realizarán en base a conseguir en cada local las renovaciones/hora de aire indicadas a continuación:

	Impulsión	Extracción
Gambuza	Natural	10
Lavandería	Natural	10

Cocina	60	80
--------	----	----

Se instalará un impulsor axial de 6.000 m³/h y 0,4 bar de presión con un consumo de 2 kW. Asimismo se dispondrán de tres extractores axiales con las siguientes características:

	Caudal (m ³ /h)	Potencia eléctrica (kW)	Presión (bar)
Gambuza	2000	1,3	0,45
Lavandería	800	0,5	0,45
Cocina	8000	5,3	0,45

9.3.1.2 Extractores de aseos y pañoles.

La impulsión será natural y se instalarán extractores capaces de generar 10 renovaciones por hora.

	Caudal (m ³ /h)	Potencia eléctrica (kW)	Presión (bar)
Aseos	1500	1,2	0,16
Pañoles	1500	1,2	0,16

9.3.1.3 Ventilación del local del grupo de emergencia.

Teniendo en cuenta que este local tiene un volumen de 30 m³, y donde el impulsor ha de conseguir 30 renovaciones hora y el extractor ha de generar 10 renovaciones por hora, las características del impulsor serán:

	Caudal (m ³ /h)	Potencia eléctrica (kW)	Presión (bar)
Impulsor	1.300	0,9	0,04
Extractor	500	0,3	0,04

9.3.1.4 Extractor del local de baterías.

La impulsión será natural, y la extracción será capaz de producir 20 renovaciones hora.

	Caudal (m ³ /h)	Potencia eléctrica (kW)	Presión (bar)
Extractor	200	0,14	0,04

9.3.1.5 Extractor local de CO₂

El volumen de este local es de 30 m³, la impulsión será natural, y la extracción ha de dimensionarse para producir 20 renovaciones por hora.

	Caudal (m ³ /h)	Potencia eléctrica (kW)	Presión (bar)
Extractor	1.000	0,6	0,25

9.3.1.6 Extractor del local de aire acondicionado.

El volumen de este local es de 40 m³, la impulsión será natural, y la extracción ha de dimensionarse para producir 20 renovaciones por hora.

	Caudal (m ³ /h)	Potencia eléctrica (kW)	Presión (bar)
Extractor	1.400	0,7	0,25

9.3.1.7 Ventilación del local del servomotor.

Teniendo en cuenta que este local tiene un volumen de 30 m³, y donde el impulsor ha de conseguir 30 renovaciones hora y el extractor ha de generar 10 renovaciones por hora, las características del impulsor serán:

	Caudal (m ³ /h)	Potencia eléctrica (kW)	Presión (bar)
Impulsor	1.300	0,9	0,04
Extractor	500	0,3	0,04

9.3.2 Ventilación en cámara de máquinas.

La ventilación en cámara de máquinas tiene que ser suficiente para conseguir por un lado el oxígeno suficiente para la combustión del motor principal, grupos auxiliares y caldera auxiliar y por otro para cubrir las necesidades de refrigeración del motor principal.

Para realizar el cálculo del caudal de aire necesario para la combustión se tomará como valor un volumen de $7,7 \text{ m}^3$ por kW y hora. Así pues, si todos los consumidores de la cámara de máquinas se encuentran en funcionamiento, los requerimientos de aire son los siguientes:

	Potencia	Requerimiento aire
Motor Principal	23.790 kW	183.183 m^3/h
MM. AA	936 kW	7.207 m^3/h
Caldera	2.700 kW	2.700 m^3/h

En cuanto al calor producido en la cámara de máquinas, se puede considerar que el motor principal generará un 1,2% de la potencia nominal y para el caso de los motores auxiliares, estas pérdidas suponen el 8% de la potencia eléctrica producida. La caldera por su lado, emitirá un calor igual al 3% de la potencia térmica de la misma, la cantidad de calor producida por esta, será considerada a pesar de estar su uso destinado al calentamiento de los tanques cuando el calor emitido por los gases de escape no sea suficiente, por encontrarse el motor principal parado.

	Potencia	Calor producido
Motor Principal	23.790 kW	285 kW
MM. AA	936 kW	75 kW
Caldera	2.700 kW	81 kW

Luego el calor generado en la cámara de máquinas es de 360 kW, y el caudal necesario de aire para evacuarlo viene dado por la expresión:

$$Caudal = \frac{3 \cdot calor\ producido \left(\frac{kcal}{h} \right)}{(T_m - T_e)}$$

Siendo:

T_m: Temperatura cámara de máquinas.

T_e: Temperatura exterior.

Considerando una diferencia de temperaturas en el caso más desfavorable de 10 °C. El caudal de aire necesario para evacuar el calor producido en la cámara de máquinas es de:

$$Caudal = 113.757 \text{ m}^3/h$$

En consecuencia se instalarán 4 impulsores centrífugos de 30.000 m³/h, con una presión diferencial de 0,05 bar y 50 kW de potencia por unidad.

A la vez se instalarán dos impulsores de las mismas características que los extractores anteriores.

10. Equipo de navegación, comunicaciones y automatización

10.1 Equipo de ayuda a la navegación.

El sistema de navegación instalado en el puente de gobierno integrará los siguientes componentes:

Dos equipos de radar cuyas unidades de presentación estarán colocadas en el puente de gobierno. Se instalará un sistema anticolidión (ARPA), conectado al radar. Cada equipo trabajará en una banda cubriendo las bandas S y X.

- Autopiloto adaptativo para control de rumbo.
- Corredera de tipo magnética, termómetros para medir temperatura aire y agua.
- Equipo de ecosonda con capacidad para medir profundidades de 500 m.
- Sistema de planificación de derrota.

Así mismo se dispondrá de los siguientes equipos:

- Compás magnético en el techo del puente, de tipo líquido y con dispositivo de reflexión.
- Girocompás con repetidores en los alerones del puente, cuarto de derrota y oficina del capitán.
- Mesa de cartas.
- Anemómetro, barómetro y barógrafo.
- Receptor GPS.
- Radiogoniómetro marino.
- Campanas de alarma.
- Sextante, cronómetro y psicómetro.

10.2 Equipo de comunicaciones.

Según la OMI, los buques de construcción posterior al 1 de febrero de 1995 deben disponer de una consola de equipos adecuada al Sistema Mundial de Seguridad y Salvamento Marítimo.

Este dispositivo ha sido desarrollado con el fin de proveer elementos de alerta que puedan ser utilizados por personas sin formación en comunicaciones. Este concepto de seguridad se basa en comunicaciones buque-tierra, donde existen estaciones de coordinación en la búsqueda y rescate del buque en situación de emergencia.

Así pues, los equipos de comunicación con los que ha de contar el buque son:

- Instalación de radio VHF.
- Receptor NAVTEX en 518 kHz.
- Radioteléfonos portátiles de VHF.
- Radiotelex
- Transpondedor de radar SART 9 GHz.
- Radiobaliza EPIRB de 406 MHz.
- Instalación de radio MF/HF

Con el fin de favorecer las comunicaciones dentro del buque, y poder llevar a cabo la ejecución de órdenes, el buque contará con los siguientes sistemas de comunicación internos:

- Telégrafo de órdenes.
- Sistema de interfonos de cubierta.
- Equipos de comunicación “walkie-talkie” para la comunicación entre las distintas zonas de cubierta.

- Sistema de difusión de avisos.
- Teléfonos autogenerados.
- Teléfonos automáticos.
- Antenas para radiodifusión y TV.

10.3 Equipo de automatizaciones.

El buque dispondrá de un sistema de control y vigilancia adecuado para poder mantener la cámara de máquinas desatendida, cumpliendo todos los sensores y actuadores con las normas de la clase.

La cámara de máquinas contará con una cabina de control, donde se encontrará el cuadro eléctrico principal y la consola de control, que incluirá:

- Panel o pupitre para el control del motor propulsor y sistema de transferencia del control al puente.
- Sistema de alarma que contará activándose con anomalías de los siguientes sensores:
- Temperatura agua de refrigeración de las camisas del MP.
- Temperatura de aceite de lubricación del MP.
- Temperatura agua de refrigeración de los pistones del MP.
- Control de viscosidad del combustible.
- Temperatura aceite lubricación MM.AA
- Temperatura agua de refrigeración de los MM.AA
- Temperatura calentadores de las purificadoras.

- Filtros de aceite del M.P
- Agua de alimentación de la caldera.
- Quemador de la caldera.
- Control automático de la descarga de exceso de vapor.
- Control automático de la temperatura del calentador de agua dulce.
- Mando remoto y señalización hidráulica de las válvulas de lastre y sentina.
- Arranque automático de las bombas de reserva para los servicios esenciales de la propulsión.
- Arranque y parada automáticos de los compresores principales de aire de relleno.
- Arranque automático y acoplamiento al cuadro de emergencia del grupo de emergencia.
- Control remoto del nivel de tanques.
- Sistema de detección de incendios en cámara de máquinas y habitación.

11. Equipo de gobierno.

Tal y como se ha desarrollado en el cuaderno 5, siguiendo las normas de la sociedad de clasificación, el equipo de gobierno está formado por timón, servomotor y hélice de proa.

11.1 Timón.

Las características del timón son:

Altura:	7,2 m
Cuerda:	5,1 m
Área:	27,5 m ²
Espesor:	1,1 m
Ángulo de desprendimiento:	35,3°
Superficie de compensación:	24,9 %
Relación área timó – área deriva	1,66 %

11.2 Servomotor

Tal y como ha sido calculado en el cuaderno 5, el servo a de contar con la potencia necesaria para permitir que el timón pueda pasar de una banda metido 30° a la otra con un ángulo de 35° en 28 segundos. Para ello y según los cálculos realizados el servo ha de tener una potencia de 66,3 kW.

El modelo que será instalado es “SR 742-FCP” de Rolls Royce. Este modelo puede suministra un par de 1040 kN.

Entre otros, los motivos de la elección de este servomotor es que se trata de un sistema rotativo implicando ello un mínimo empacho con la consiguiente reducción en peso, su sencillez a la hora de llevar a cabo su instalación y sus reducidos costes de mantenimiento. Además los sistemas rotativos entregan un par constante.

Por otro lado la serie SR ofrece una mayor precisión y versatilidad con los diversos sistemas de gobierno.

11.3 Hélice de maniobra.

La maniobra del buque no es cometido exclusivo del timón, el buque en proyecto dispone de una hélice en proa que le permitirá en puerto y en situaciones de emergencia si es requerida ser usada para posicionar el buque.

La hélice de maniobra ha de cumplir con varios requisitos:

- Estará situada a popa del piqué de proa. Por otro lado su efectividad aumentará cuando esta se encuentre lo más alejada del timón, por lo tanto su colocación a bordo será anexa al piqué de proa.
- La hélice de proa se encontrará sumergida para todas las situaciones de carga.

El dimensionamiento de la potencia que ha de entregar la hélice versa en la siguiente expresión:

$$P = K \cdot DISW^{2/3}$$

Siendo:

K: 0,9 para cargueros.

Y resulta así una potencia de:

$$P = 846 \text{ kW}$$

Acudiendo a la base de datos de proyectos similares se comprueba que el resultado obtenido es aproximadamente el 20% de la potencia obtenida realizando regresiones lineales, y en consecuencia se instalará una hélice con una potencia:

$$P = 1000 \text{ kW}$$

12. Servicio de carga.

Se instalará una grúa de 1 tonelada de capacidad y 4 metros de radio para cargar provisiones, el consumo eléctrico es de 7 kW. Esta grúa irá situada en popa babor, de tal manera, que pueda izar la carga tanto desde el costado de babor como desde popa.

12.1 Escotillas de carga.

Las escotillas de puerto, como ya han sido definidas en cuadernos anteriores, son de tipo pontón, dispondrán de los anclajes necesarios para que puedan ser manipuladas por las grúas del puerto. Están divididas en 2 partes de dimensiones 12.552x12.413x500 mm. aquellas escotillas destinadas a las bodegas 3-10, 12.552x9.971x500 mm la escotilla de la bodega número 2, y 6..344x4.974x500 la escotilla de la bodega número 1. Su peso será inferior a 40 t y así poder ser manipuladas por las grúas del puerto durante las operaciones de carga y descarga.

La estructura de las tapas es de tipo celosía, con una chapa superior plana sobre la que van soldados los elementos de trincado de los contenedores sobre cubierta. Su disposición ha de asegurar la estanqueidad a la intemperie, por tanto su cierre se efectuará mediante juntas de goma.

Las esquinas de las tapas serán redondeadas, con un radio mínimo de 500 mm, además para cumplir con lo establecido por la sociedad en cuanto a la distancia de la brazola al costado del buque, estas estarán separadas una distancia de 1.400 mm.

12.2 Estiba de contenedores en bodegas.

Se disponen de guías celulares fijas en las bodegas, en los mamparos de proa y popa de cada una, dimensionadas de acuerdo a las reglas de la clase. Mediante esta estructura los contenedores de 40' pueden ser transportados en bodegas sin usar otro elemento portátil de trinka. Para la estiba de contenedores de 20' se instalarán guías laterales intermedias en cada escotilla y se intercalarán twist-locks entre los contenedores. Las guías serán perfiles de acero de 15 milímetros de espesor.

12.3 Estiba de contenedores sobre las tapas de escotilla.

Se dispondrá de una estructura de candeleros a lo largo de la cubierta superior y en ambas bandas para poder estibar contenedores en toda la manga del buque. Puesto que las filas extremas de contenedores van apoyadas en un lado sobre los candeleros y en el otro sobre la tapa de escotilla es necesario usar twist- locks especiales sobre el candelero para compensar el deslizamiento de las pontonas. Sobre éstas se instalarán bases soldadas par twist-locks y placas de trinca. Los contenedores irán unidos entre sí, y a las tapas de escotillas y candeleros los de la primera hilera, mediante twist-locks, tensores y barras.

13. Equipo de mantenimiento.

Para el mantenimiento del motor principal se dispondrá dentro de la cámara de máquinas de una grúa con una capacidad mínima, según consta en el “Project Guide” de 11,5 Tm.

El control de la misma se efectuará desde una botonera suspendida en la grúa y accesible desde el piso de culatas del motor principal. El movimiento longitudinal y transversal de la misma se efectuará con cremallera. Disponiendo en uno de los extremos el puente de un sistema de trincado. El consumo global de la grúa se estimará en 10 kW.

Así mismo, la cámara de máquinas también contará con un taller, el cual dispondrá de las siguientes herramientas:

- Torno eléctrico. (3 kW)
- Taladro eléctrico vertical (1,5 kW)
- Taladro portátil.
- Esmeriladora (0,5 kW)
- Unidad manual de soldadura por arco (4 kW)
- Grupo portátil de corte y soldadura oxiacetilénica.
- Banco para prueba de inyectores.
- Sierra (2 kW)

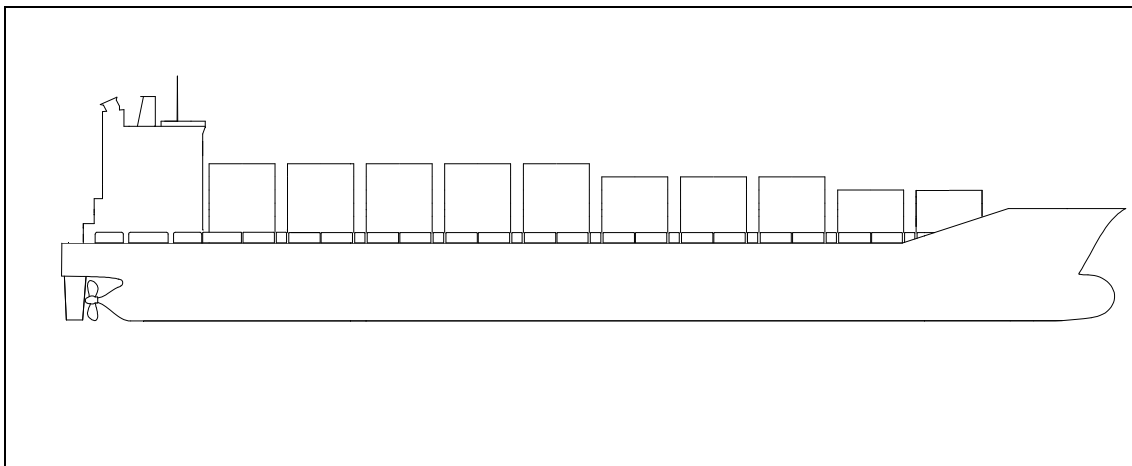
14. Acrónimos.

N	Numeral de equipo
Δ	Desplazamiento al calado de verano.
B	Manga.
H	Altura efectiva
A	Área en crujía de superestructuras y casetas.
d	Diámetro del redondo del eslabón mm
L	Longitud de la cadena en m.
D	Diámetro de la bocina del escoben
P_c	Peso de la cadena fuera del agua en kg
P_o	Peso del ancla fuera del agua en kg
v	Velocidad de izado en m/min
f	Coeficiente de rozamiento en estopor y escoben
η	Rendimiento mecánico del molinete.
n	Número de largos de cadena a elevar
e	Poder de agarre del ancla
v	Velocidad para despegar el ancla del fondo
Q_{L1}	Calor disipado en el enfriador de agua dulce
q_{iw}	Porcentaje de corrección
k_p	Factor de corrección
T_m	Temperatura cámara de máquinas.
T_e	Temperatura exterior.
S_i	Área de la superficie de transmisión
T_m	Temperatura media del fluido.
T_e	Temperatura en el exterior del tanque.
K_i	Coeficiente de transmisión del calor



Cuaderno 9

Planta Eléctrica



Portacontenedores 1750 TEUS

Proyecto Nº 012

Realizado por:

Ismael Fernández Gil

Especificaciones del proyecto

PROYECTO NÚMERO: CA5

TIPO DE BUQUE: Portacontenedores

CAPACIDAD DE CARGA: 1750 TEU's (120 refrigerados)

PESO MUERTO: 21000 TM

SOCIEDAD DE CLASIFICACIÓN: Lloyd's Register

REGLAMENTOS: Solas, Marpol, Convenio Líneas de carga

VELOCIDAD: 22 nudos al 85% MCR en pruebas

AUTONOMÍA: 12000 millas al 90% MCR y 15% de margen de mar

TRIPULACIÓN: 25 personas

Índice

1. Introducción.....	3
2. Definición de planta eléctrica.....	4
3. Consumidores.....	7
3.1 Alumbrado.....	7
3.2 Luces de navegación.....	9
4. Contenedores refrigerados.....	11
5. Condiciones operativas.....	12
6. Clasificación de consumidores.....	13
7. Balance eléctrico.....	15
8. Grupos Diesel.....	24
9. Cuadro principal. Transformadores y distribuidores.....	26
10. Planta de emergencia.....	27
9.1 Generador de emergencia.....	27
9.2 Modos de emergencia.....	29
9.3 Red de baterías.....	30

1. Introducción.

El buque ha de disponer de una planta eléctrica capaz de ofrecer suministro eléctrico a distintos consumidores de a bordo. En este cuaderno se decidirá el tipo de corriente que se instalará, la frecuencia y la tensión que entregará esta planta, así como los elementos que componen el sistema.

Posteriormente se determinarán cuáles son los consumidores del buque y que potencia demanda cada uno para las distintas situaciones contempladas.

Una vez determinada las demandas de energía, se elige la planta eléctrica más adecuada según las condiciones de carga eléctrica que se presentan. Por otro lado se encuentra el análisis de la condición de emergencia. En esta situación toda la potencia debe ser suministrada desde el generador de emergencia a los servicios esenciales del buque.

En último lugar se expondrán los detalles de la transmisión de energía desde los generadores hasta los consumidores, fijando las tensiones y frecuencias de la red que se emplea, así como el sistema de distribución, los transformadores a utilizar y el cableado.

2. Definición de la planta eléctrica.

El suministro de energía eléctrica se realizará por medio de una red alterna trifásica. Como ventajas de tal elección está el hecho que cuando el buque se conecte a la corriente de puerto, se encontrará con corriente alterna trifásica, los generadores tienen un menor empacho, etc.

La configuración de la red es de tipo árbol, de manera que, del cuadro principal salen una serie de líneas a unos cuadros primarios, y de éstos, a su vez varias líneas para alimentar a los secundarios, y así sucesivamente. Este tipo de configuración permite una reducción de costes debido a que cada línea será dimensionada teniendo en cuenta las intensidades totales de los distintos consumidores a los que alimenta.

La clasificación de tensiones que se encontrarán a bordo son:

- Tensión de seguridad, menor de 50 V
- Baja tensión, entre 50 V y 500 V
- Media tensión, entre 500 V y 1000 V
- Alta tensión, superior a 1000 V

En cuanto a la tensión, el buque en proyecto contará con baja tensión, puesto que aunque con alta tensión se abarata considerablemente la instalación eléctrica del buque en lo referente al cableado, los equipos alimentados con alta tensión tienen un mayor coste.

La frecuencia elegida será de 60 Hz, esto implica que la velocidad de giro de los motores será mayor a igualdad de números de polos, consiguiendo así motores de menor precio y tamaño. Además, es la frecuencia más demandada en la actualidad, imponiéndose como la tendencia a seguir.

La distribución usada a bordo se basa en una red trifásica, existiendo sólo líneas terminales en monofásica para pequeños consumidores de alumbrado a 230 V. El tipo

de conexión usual en buques es la de red trifásica con neutro aislado, tanto en la red de potencia 440 V, como en la de alumbrado a 230 V.

La solución 440 V – 60 Hz, supone frente a los 380 V – 50 Hz la doble ventaja de una mayor tensión, con la consiguiente disminución de pesos de cobre y de precios de la instalación, y el aumento de revolución de los motores, a igualdad de numero de polos, como ya ha sido comentado. Así mismo los motores de 440 V – 60 Hz pueden ser conectados a una red de 380 V- 50 Hz, sin que prácticamente disminuya su rendimiento.

A pesar de que la tensión principal de generación y distribución de la planta va ser 440 V – 60 Hz, existen sin embargo muchos consumidores que requieren una alimentación con diferentes características. Por ello se van a disponer los correspondientes transformadores para la red de alumbrado. Por otro lado los consumidores de baja potencia que requieren tensiones muy bajas contarán con sus propias fuentes de alimentación que transforman la corriente mediante rectificadores para hacerla continua.

Quedan por tanto definidas tres redes eléctricas:

- La red principal compuesta por 4 grupos generadores, situados en la plataforma C de la cámara de máquinas.
- La red de emergencia formada por un grupo de emergencia capaz de alimentar todos los servicios necesarios en una situación de emergencia, considerando así mismo a aquellos servicios descritos por el SOLAS. El grupo de emergencia y el cuadro estarán situados en un local por encima de la cubierta superior.
- La red de baterías, constituida por baterías recargables, cuya misión es proporcionar continuidad a los sistemas electrónicos vitales. El local de las baterías está situado en la cubierta E, y dispone de la adecuada ventilación puesto que pueden existir problemas con los gases de las baterías.
- Puesto que la administración es cada vez más favorable al control de las emisiones de gases contaminantes en zonas portuarias, las restricciones

planteadas se basan en limitar la auto-generación de energía eléctrica de los buques durante las estadías en puerto, y por tanto la tendencia de las instalaciones portuarias es ofrecer corriente a 60 Hz y 440 V.

Por ello existirá una línea especial que conectará el cuadro principal con el de conexión a tierra, para ser utilizado cuando el buque se encuentre en puerto o en dique seco. Permitiendo así la parada de los grupos de emergencia.

3. Consumidores.

A lo largo de los diferentes cuadernos del presente proyecto se ha ido determinando la potencia eléctrica absorbida por cada elemento de la planta eléctrica, teniendo en cuenta en estos cálculos los rendimientos por los que han de ser afectados.

3.1 Alumbrado.

3.1.1 Alumbrado de locales interiores.

La potencia demandada por la iluminación sigue la siguiente expresión:

$$P = 0,025 \cdot \frac{E \cdot S}{\eta_L}$$

Siendo:

E: Luminancia en lux necesaria para el recinto
S: Superficie en m²
 η_L : Rendimiento lumínico medio

La luminancia viene dada en función del espacio a considerar:

Locales de servicio	250-300
Locales de Reunión	200-400
Enfermería	500-1000
Puesto de maniobra	500-750
Talleres de maquinaria	500-1000
Cámara de calderas	250-350
Camarotes	150-250
Pasillos	100-150
Oficinas	400-750
Puestos de maniobra	500-750

El rendimiento lumínico medio oscila entre un 0,5 para iluminación incandescente, y 0,1 para iluminación fluorescente. Teniendo en cuenta que el alumbrado seguirá el mismo patrón que el buque base, se puede estimar el siguiente rendimiento lumínico:

$$\eta_L = \sum \eta_i \cdot \%_{utilización}$$

Estimando que el 90% de la iluminación será fluorescente, y el 10% restante incandescente:

$$\eta_L = 46 \text{ lm/W}$$

El flujo luminoso requerido en los distintos espacios del buque será por tanto:

	Superficie (m ²)	E (lx)	P (kW)
Camarotes	428	200	4,65
Cocina	34	300	0,55
Gambuzas	63	200	0,68
Guardacalor	42	100	0,23
Taller	73	750	2,98
Camara de calderas	118	300	1,92
Camara de máquinas	776	350	14,76
Puente	137	600	4,47
Grupo de emergencia	19	450	0,46
Aire acondicionado	19,5	450	0,48
Hospital	32	750	1,30
Enfermería	19,5	750	0,79
Control de carga	18,6	600	0,61
Pasillos	294	150	2,40
Lavandería y secadero	35	250	0,48

Y el consumo entregado al alumbrado es:

$$P = 37,5 \text{ kW}$$

3.1.2 Alumbrado de emergencia.

El alumbrado de emergencia consumirá el 5% del alumbrado en condiciones normales, luego su valor es:

$$P = 1,8 \text{ kW}$$

3.1.3 Alumbrado exterior.

En cubierta irán instalados los siguientes proyectores, para facilitar la maniobra y la visibilidad del buque.

	P (kW)
1 Proyector de maniobra	0,3
1 Proyector de molinete	0,3
2 Proyectores de maniobra	0,6
1 Proyector de iluminación de botes	0,3
6 Focos de iluminación de cubierta	3

En resumen, la potencia requerida es:

$$P = 4,5 \text{ kW}$$

3.2 Luces de navegación.

Según el reglamento internación para prevenir abordajes, el buque ha de contar con las siguientes luces:

	P (kW)
Tope de proa	0,3
Tope de popa	0,3
Costado de babor	0,15
Costado de estribor	0,15
Alcance de popa	0,15
Todo horizonte	0,15

Buque Portacontenedores 1750 TEU's

Luz de remolque	0,15
Fondeo proa	0,15
Fondeo popa	0,15

4. Contenedores refrigerados.

La especificación indica que se han de transportar 120 contenedores refrigerados. El lugar destinado a la carga refrigerada son la plataforma y la primera fila de la bodega número 10.

Las potencias requeridas para el mantenimiento de cada contenedor varían en función de la temperatura que se ha de mantener en su interior, según la clase, las potencias requeridas son:

	TEU			FEU		
	Carga congelada	Carga refrigerada	Carga normal	Carga congelada	Carga refrigerada	Carga normal
Temperatura °C	-18-38	2-38	13-38	-18-38	2-38	13-38
Potencia (kW)	5,5	7,5	-	8,5	11,0	-

Se estimará que cada TEU requiere de una potencia de 10 kW, por lo cual, la potencia necesaria es de:

$$P = 1200 \text{ kW}$$

5. Condiciones operativas.

A la hora de hacer el dimensionamiento de la planta eléctrica, no sólo se tendrá en cuenta cual será la punta de consumo eléctrico, sino aquellas situaciones que representan el mayor porcentaje de operatividad del buque, las situaciones de emergencia o las situaciones en las que el consumo sea mínimo, por lo tanto se van a estudiar las siguientes condiciones de carga eléctrica:

- Navegación. Situación en la que el consumo de energía eléctrica en la mar es el necesario para atender todos aquellos consumidores que afectan a los servicios normales del buque.
- Maniobra. Situación correspondiente a los consumidores operando en régimen diferente del de navegación normal y a los consumidores que sólo funcionan durante operaciones de entrada/salida de puerto.
- Puerto. Se considerarán dos situaciones, la primera en la que el buque está siendo cargado/descargado, sin los contenedores refrigerados conectados a la planta eléctrica, y la segunda con estos siendo unos consumidores más.

6. Clasificación de consumidores.

A la hora de realizar los análisis de los servicios del buque han aparecido unos consumidores de energía eléctrica. Los principales son los de accionamiento de las bombas, compresores y ventiladores de los diferentes servicios, aunque también existen otros como los equipos de fondeo y amarre, equipos de fonda y hotel, servomotor, separadoras centrifugas, etc.

La clasificación de los mismos, en función de importancia para la seguridad es como sigue:

- Servicio no esencial es aquel que en caso de fallo del mismo no se ve afectada la operación segura del buque.
- Servicios esenciales son aquellos vitales para el mantenimiento de unas condiciones normales de propulsión y de seguridad y de un mantenimiento mínimo de habitabilidad y conservación de la carga. Según Lloyd's Register of Shipping, los servicios esenciales del buque son los siguientes:

Propulsión y Seguridad	Habitabilidad
Compresores de aire	Cocina
Sistema automático de sprinklers	Calefacción
Bombas de lastre	Refrigeración doméstica
Bombas de sentina	Ventilación mecánica
Bombas de agua de refrigeración	Agua dulce y sanitaria
Sistema de comunicaciones	
Bombas de circulación condensado	
Equipo eléctrico de propulsión	
Bombas de aceite de lubricación	
Bombas de extracción	
Ventiladores de aire forzado de calderas	
Bombas de agua de alimentación	
Sistema de detección contraincendios	
Bombas de refrigeración de inyectores	
Bombas de depuración	
Sistema de iluminación principal	
Ayudas a la navegación	
Luces de navegación	

Bombas de combustibles
Separadoras centrifugas
Hélice de maniobra
Accionamiento del servo
Ventiladores de cámara de máquinas
Puertas estancas
Chigres

7. Balance eléctrico.

El balance eléctrico pretende definir la potencia necesaria de los grupos auxiliares a instalar a bordo, con el fin de entregar la potencia demandada en cada momento.

Este balance se realizará mediante una tabla de doble entrada, en la que las filas se situarán los distintos consumidores, y en las columnas se anotarán las distintas situaciones de carga eléctrica. Para estudiar las distintas situaciones de carga, se emplearán los siguientes coeficientes:

- Coeficiente de simultaneidad. Refleja el número de equipos iguales de un mismo conjunto de consumidores que funcionan simultáneamente.
- Coeficiente de servicio de régimen. Se refiere a la relación de las potencias consumidas con respecto a las nominales de los diferentes equipos, bien al tiempo de funcionamiento temporal de los equipos o bien a ambos conceptos simultáneamente, de forma que toma el valor 1 para aquellos elementos que funcionen a pleno régimen, durante todo el tiempo, y 0 para los que no están funcionando.
- Coeficiente de utilización. Es el producto de los coeficientes anteriores.

Esto dará una potencia para cada equipo en las distintas situaciones de carga. El sumatorio de cada situación de carga dará el consumo en dicha situación. El consumo total será incrementado en un 10% y poder así incluir aquellos consumidores no incorporados al balance, bien por no disponer de la suficiente información, o bien por tratarse de consumidores pequeños. Para el cálculo de los KVA'S necesarios a la salida del alternador se ha supuesto un factor de potencia de 0,8 con lo que los resultados finales quedan:

	unidades				Navegación		Maniobra		Fondeado		Puerto ₂		Emergencia	
	En Servicio	Respeto	k _n	Pot. Unitaria (kW)	ksr	Pot. (kW)	ksr	Pot. (kW)	ksr	Pot. (kW)	ksr	Pot. (kW)	ksr	Pot. (kW)
Equipo de fondeo, amarre y remolque														
Molinetes de anclas	2,0	0,0	1,0	97,0	0,0	0,0	1,0	194,0	0,8	0	0	155,2	0	0
Chigres d de popa	3,0	0,0	0,6	50	0,0	0,0	1,0	90,0	0,8	0	0	250,9	0	0,0

Equipo de salvamento

Dispositivos de comunicaciones	1,0	0,0	1,0	17,0	1,0	17,0	0,0	0,0	0,3	5,1	0,3	5,1	1,0	17,0
Pescante bote de rescate	1,0	0,0	1,0	17,0	1,0	17,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	17,0

Servicio de achique y lastre

Bomba de achique y lastre	1,0	1,0	0,7	72,5	0,3	21	0,1	7,0	0,5	35,0	0,5	35,0	0,5	35,0
Bombas de sentina	1,0	0,0	1,0	5	0,1	0,5	0,1	0,5	0,1	0,5	0,1	0,5	0,5	2,5
Separador de sentinas	1,0	0,0	1,0	1,15	0,8	1	0,8	1	0,8	1	0,8	1	0,0	0,0

Servicio de contraincendios

Baldeo y contraincendios	1,0	1,0	0,5	59,2	0,3	17,8	0,3	17,8	0,3	17,8	0,3	17,8	1,0	59,2
Contraincendios de emergencia	1,0	0,0	1,0	49,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	49,3

unidades				Navegación		Maniobra		Fondeado		Puerto ₂		Emergencia	
En Servicio	Respeto	k _n	Pot. Unitaria (kW)	ksr	Pot. (kW)	ksr	Pot. (kW)	ksr	Pot. (kW)	ksr	Pot. (kW)	ksr	Pot. (kW)

Servicio sanitario

Bomba de agua dulce	1,0	1,0	1,0	2,0	0,7	1,4	0,3	0,6	0,7	1,4	0,7	1,4	0,0	0,0
Bomba de agua caliente	1,0	1,0	1,0	0,5	0,7	0,4	0,3	0,2	0,7	0,4	0,7	0,4	0,0	0,0
Calentador eléctrico	1,0	0,0	1,0	12,0	0,1	1,2	0,1	1,2	0,1	1,2	0,1	1,2	0,0	0,0
Potabilizadora	1,0	0,0	1,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0

Servicio de tratamiento de residuos

Planta de aguas residuales	1,0	0,0	1,0	5,0	0,8	4,0	0,0	0,0	0,8	4,0	0,8	4,0	0,0	0,0
Bomba de lodos	1,0	0,0	0,0	1,0		0,0	0,0	0,0	0,4	0,4	0,4	0,4	0,0	0,0

Sistema de alumbrado

Alumbrado locales	1,0	0,0	1,0	37,5	0,5	18,8	0,5	18,8	0,5	18,8	0,5	18,8	0,0	0,0
Alumbrado de emergencia	1,0	0,0	1,0	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,8
Alumbrado exterior	1,0	0,0	1,0	4,5	0,5	2,3	0,5	2,3	0,5	2,3	0,5	2,3	0,0	0,0
Luces de navegación	1,0	0,0	1,0	1,6	1,0	1,6	1,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Servicio de fonda y hotel

Cocina eléctrica	1,0	0,0	1,0	22,0	0,5	11,0	0,5	11,0	0,5	11,0	0,5	11,0	0,0	0,0
Horno	1,0	0,0	1,0	5,0	0,5	2,5	0,5	2,5	0,5	2,5	0,5	2,5	0,0	0,0

unidades				Navegación		Maniobra		Fondeado		Puerto ₂		Emergencia	
En Servicio	Respeto	k _n	Pot. Unitaria (kW)	ksr	Pot. (kW)	ksr	Pot. (kW)	ksr	Pot. (kW)	ksr	Pot. (kW)	ksr	Pot. (kW)

Servicio de fonda y hotel

Amasadora	1,0	0,0	1,0	1,1	0,5	0,6	0,5	0,6	0,5	0,6	0,5	0,6	0,0	0,0
Marmita	1,0	0,0	1,0	5,0	0,5	2,5	0,5	2,5	0,5	2,5	0,5	2,5	0,0	0,0
Parilla	1,0	0,0	1,0	2,0	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	1,0	0,0	0,0
Peladora	1,0	0,0	1,0	0,5	0,5	0,3	0,5	0,3	0,5	0,3	0,5	0,3	0,0	0,0
Compresor de gambuza para carne	1,0	0,0	1,0	5,8	1,0	5,8	1,0	5,8	1,0	5,8	1,0	5,8	0,0	0,0
Compresor de gambuza para pescado	1,0	0,0	1,0	5,8	1,0	5,8	1,0	5,8	1,0	5,8	1,0	5,8	0,0	0,0
Compresor de gambuza para vegetales	1,0	0,0	1,0	5,8	1,0	5,8	1,0	5,8	1,0	5,8	1,0	5,8	0,0	0,0
Ventiladores gambuzas	20,0	0,0	1,0	0,2	1,0	4,0	1,0	4,0	1,0	4,0	1,0	4,0	0,0	0,0
Lavandería	1,0	0,0	1,0	25,0	1,0	25,0	1,0	25,0	1,0	25,0	1,0	25,0	0,0	0,0

Servicio de A/C y ventilación

Compresor A/C	1,0	0,0	1,0	50,0	0,6	30,0	0,6	30,0	0,6	30,0	0,6	30,0	0,0	0,0
Ventilador A/C	1,0	0,0	1,0	40,0	0,5	12,5	0,3	7,5	0,5	12,5	0,5	12,5	0,0	0,0
Extractores varios	1,0	0,0	1,0	9,0	0,8	7,6	0,8	7,6	0,5	4,8	0,5	4,8	0,0	0,0
Ventilación grupo de emergencia	1,0	0,0	1,0	1,2	0,7	0,8	0,7	0,8	0,7	0,8	0,7	0,8	1	1,2
Ventilación local A/C	1,0	0,0	1,0	0,7	0,7	0,5	0,7	0,5	0,7	0,5	0,7	0,5	0,0	0,0
Ventilación local CO ₂	1,0	0,0	1,0	0,6	0,7	0,4	0,7	0,4	0,7	0,4	0,7	0,4	0,0	0,0
Ventilación centro de control de carga	1,0	0,0	1,0	0,6	0,7	0,4	0,7	0,4	0,7	0,4	0,7	0,4	0,0	0,0

unidades				Navegación		Maniobra		Fondeado		Puerto ₂		Emergencia	
En Servicio	Respeto	k _n	Pot. Unitaria (kW)	ksr	Pot. (kW)	ksr	Pot. (kW)	ksr	Pot. (kW)	ksr	Pot. (kW)	ksr	Pot. (kW)

Servicio de A/C y ventilación

Ventilación local servomotor	1,0	0,0	1,0	1,2	0,7	0,8	0,7	0,8	0,7	0,8	0,7	0,8	0,0	0,0
Ventilación en CC.MM	4,0	0,0	4,0	50,0	0,7	140,0	0,7	140,0	0,5	100,0	0,5	100,0	0,0	0,0
Extractores en CC.MM	2,0	0,0	2,0	50,0	0,7	70,0	0,7	70,0	0,5	50,0	0,5	50,0	0,0	0,0

Equipo de comunicación y navegación

Navegación	1,0	1,0	1,0	8,0	0,8	6,4	0,8	6,4	0,8	6,4	0,8	6,4	1,0	8,0
Comunicación	1,0	1,0	1,0	8,0	0,8	6,4	0,8	6,4	0,8	6,4	0,8	6,4	1,0	8,0

Servicio de carga

Grúa	1,0	0,0	1,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	5,6	0,8	5,6	0,0	0,0
------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Equipo de mantenimiento

Grúa CCMM	1,0	0,0	1,0	10,0	0,2	2,0	0,2	2,0	0,2	2,0	0,2	2,0	0,0	0,0
Torno eléctrico	1,0	0,0	1,0	3,0	0,2	0,6	0,2	0,6	0,2	0,6	0,2	0,6	0,0	0,0
Taladro eléctrico vertical	1,0	0,0	1,0	1,5	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,0	0,0
Soldadora	1,0	0,0	1,0	4,0	0,2	0,8	0,2	0,8	0,2	0,8	0,2	0,8	0,0	0,0
Esmeriladora	1,0	0,0	1,0	0,5	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,0	0,0

unidades				Navegación		Maniobra		Fondeado		Puerto ₂		Emergencia	
En Servicio	Respeto	k _n	Pot. Unitaria (kW)	ksr	Pot. (kW)	ksr	Pot. (kW)	ksr	Pot. (kW)	ksr	Pot. (kW)	ksr	Pot. (kW)

Equipo de mantenimiento

Sierra	1,0	0,0	1,0	2,0	0,2	0,4	0,2	0,4	0,2	0,4	0,2	0,4	0,0	0,0
--------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Sistema de arranque

Compresor arranque M.P	1,0	1,0	1,0	15,0	0,2	3,0	0,2	3,0	0,2	3,0	0,2	3,0	0,5	7,5
------------------------	-----	-----	-----	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Sistema de combustible

Bomba de trasiego de HFO	1,0	1,0	0,5	12,0	0,2	2,4	0,2	2,4	0,2	2,4	0,2	2,4	0,0	0,0
Bomba de alimentación de las separadoras	1,0	1,0	0,5	5,0	0,2	1,0	0,2	1,0	0,2	1,0	0,2	1,0	0,0	0,0
Separadora de HFO	1,0	1,0	0,5	28,0	0,2	5,6	0,2	5,6	0,2	5,6	0,2	5,6	0,0	0,0
Bomba de trasiego de MDO	1,0	1,0	0,5	1,5	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,0	0,0
Separadora de MDO	1,0	1,0	0,5	11,0	0,2	2,2	0,2	2,2	0,2	2,2	0,2	2,2	0,0	0,0
Bomba alimentación M.P	1,0	1,0	0,5	2,0	0,2	0,4	0,2	0,4	0,2	0,4	0,2	0,4	0,0	0,0
Bomba circulación M.P	1,0	1,0	0,5	1,5	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,0	0,0

Sistema de aceite

Bomba lubricación camisas	2,0	0,0	0,5	0,5	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3
Bomba lubricación cárter	2,0	1,0	1,0	30,0	0,2	6,0	0,2	6,0	0,2	6,0	0,2	6,0	0,3	9,0

unidades				Navegación		Maniobra		Fondeado		Puerto ₂		Emergencia	
En Servicio	Respeto	k _n	Pot. Unitaria (kW)	ksr	Pot. (kW)	ksr	Pot. (kW)	ksr	Pot. (kW)	ksr	Pot. (kW)	ksr	Pot. (kW)

Sistema de aceite

Separadora de aceite	2,0	0,0	1,0	7,0	0,7	9,8	0,7	9,8	0,3	4,2	0,2	2,8	0,3	4,2
----------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Contenedores refrigerados

Refrigeración contenedores	1,0	0,0	1,0	1200,0	0,4	480,0	0,4	480,0	0,4	480,0	0,2	180,0	0,0	0,0
----------------------------	-----	-----	-----	--------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-----

Equipo de gobierno y maniobra

Servomotor	1,0	1,0	1,0	54,0	0,1	5,4	0,3	16,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Hélice de proa	1,0	1,0	1,0	1000,0	0,0	0,0	0,7	700,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

La siguiente tabla muestra un desglose de potencias demanda por cada epígrafe:

	Navegación	Maniobra	Fondeo	Puerto	Emergencia
Equipo de fondeo y amarre	0	507,6	0	0	0
Equipo de salvamento	34	0	5,2	5,1	34
Servicio de achique	24,4	10,4	38,4	38,4	40,2
Servicio de contraincendios	17,8	17,8	17,8	17,8	108,5
Servicio sanitario	16,8	2	3	3	0
Servicio de tratamiento de residuos	4	0	4,4	4,4	0
Sistema de alumbrado	22,6	22,6	21	21	1,8
Sistema de fonda y hotel	64,1	64,1	64,1	64,1	0
Servicio de A/C y ventilación	136,2	128,2	133,4	133,4	61,2
Equipo de comunicación y navegación	12,8	12,8	12,8	12,8	16
Servicio de carga	0	0	5,6	5,6	0
Equipo de mantenimiento	4,2	4,2	4,2	4,2	0
Sistema de arranque	3,6	3,6	3,6	3,6	9
Sistema de combustible	12,2	12,2	12,2	12,2	0
Sistema de aceite	16	16	10,4	9	13,5
Contenedores refrigerados	480	480	480	180	0
Equipo de gobierno y maniobra	5,4	716,2	0	0	0

La energía de salida del alternador se ha supuesto con un factor de potencia de 0,8 y poder calcular así las KVA'S necesarias para realizar el correcto dimensionamiento de la instalación eléctrica

Condición	Potencia Aparente (KVA'S)	Potencia Activa (kW)
Navegación	1174	936
Maniobra	2746	2194
Puerto	707	515
Emergencia	390	284

Con estos resultados se seleccionará los generadores a instalar, considerando que estos tendrán un rendimiento aproximado del 95% y la planta de emergencia será instalada de tal modo que el rendimiento considerado sea del 90%.

7. Grupos Diesel.

Las alternativas que se presentan a la hora de dimensionar la planta eléctrica son tres:

- Colocación de un generador de cola, el cual generará corriente eléctrica a partir del giro del eje.
- Instalación de un turboalternador que genere energía eléctrica con los gases de escape de la caldera auxiliar, en el que los gases de escape se usan en una caldera mixta auxiliar para la generación de vapor, y con los gases de escape de ésta se produce la energía eléctrica en un conjunto turbina-alternador.
- Colocación de grupos generadores, formados por un motor unido mediante acoplamiento elástico, capaz de absorber vibraciones y de soportar escalones de carga a un alternador.

De entre las tres alternativas, la de mayor viabilidad es la tercera, la segunda queda desechada por la pequeña cantidad de vapor requerida para el tipo de buque en proyecto, y la primera por las complejidades constructivas y de mantenimiento que implica un generador de cola.

Por ello se elegirá un número N de grupos, tal que la potencia dada por $N-1$ satisfaga la condición de máxima carga. Para cumplir con este requisito, en la situación de maniobra, el consumo de la hélice quedará excluido.

El número de grupos instalados será el menor posible, la opción más indicada implica instalar 4 grupos generadores. Serán todos de la misma serie para disminuir problemas de acoplamiento y facilitar el mantenimiento y repuestos de los mismos.

Se ha de conseguir que el régimen de funcionamiento en todas las situaciones de carga esté cercano al óptimo, cuyo valor ha de estar comprendido entre el 60 y 95%.

Los generadores elegidos serán:

	N	F(Hz)	rpm	Alternador (kW)
645W4L20	4	60	900	645

Motor y alternador van montados sobre una bancada común unidos por un acoplamiento elástico. Los motores son sobrealimentados a presión constante y consumirán HFO. Los alternadores son de tipo marino, excitación estática y con regulación de tensión. Están contruidos a prueba de humedad, refrigerados por aire y autoventilados. El aislamiento de los arrollamientos es de clase H. Los generadores podrán acoplarse y mantenerse en paralelo, logrando un correcto reparto de cargas, tanto activa como reactiva.

Resumiendo las distintas situaciones de carga:

	Navegación	Maniobra	Fondeo	Puerto
Potencia demandada	936	2194	895	895
Numero de generadores funcionando	2	4	2	1
Potencia dada por cada generador	468 kW	548 kW	448 kW	516 kW
Régimen de trabajo	72 %	85 %	70 %	79 %

Según el “Project Guide” de los motores auxiliares estos podrían funcionar al 110% de su capacidad una hora cada diez de uso. Durante la maniobra, el régimen de trabajo es el más elevado al que se verán sometidos los grupos generadores, pero puesto que su mayor consumidor es la hélice de maniobra, esta sólo se usará durante intervalos de aproximadamente 30 minutos.

8. Cuadro principal. Transformadores y distribuidores.

El cuadro principal será de accionamiento indirecto o frente muerto, y estará dividido en los siguientes paneles:

- Panel de control del generador 1.
- Panel de control del generador 2.
- Panel de control del generador 3.
- Panel de control del generador 4.
- Panel de sincronismo.
- Panel de distribución de energía de los servicios esenciales.
- Panel de distribución de energía de los servicios no esenciales.
- Panel de distribución de energía de los servicios a 220 V.

Su situación a bordo será en un costado de la cámara de máquinas, cerca de los generadores. La distribución será en derivaciones sucesivas, estando dimensionados los tramos de línea de acuerdo con las capacidades de los consumidores. Esto permite un sistema de protecciones más sencillo. Los cuadros primarios son servicios esenciales, servicios no esenciales y servicios de energía a 220 V. A partir de estos cuadros primarios, saldrán líneas hacia cuadros secundarios que alimentarán consumidores con similar aplicación y localización en el buque.

Los servicios esencial están obligados a llevar una alimentación doble desde el cuadro principal, sin cuadros de distribución comunes y estando el tendido de los cables lo más separado posible.

La distribución se hará con cables de tres hilos conectados en estrella, con red aislada. Los interruptores automáticos de los generadores estarán provistos de dispositivos de disparo por sobrecarga, cortocircuito, potencia inversa y baja tensión. Para la alimentación de los servicios a 220 V se dispondrá en la cámara de máquinas de dos transformadores trifásicos.

9. Planta de emergencia.

La planta de emergencia se dimensiona de forma que garantice el funcionamiento de los servicios eléctricos esenciales para la seguridad del buque en las diversas situaciones de emergencia. Al igual que los grupos generadores, el grupo de emergencia está dotado de un motor y un alternador, unidos mediante acoplamiento elástico capaz de absorber vibraciones y de soportar escalones de carga. Tiene asociado un cuadro de control dotado de PLC, donde radican todos los controles del grupo.

En el reglamento SOLAS, se dispone que la fuente de emergencia junto con el equipo transformador, la fuente transitoria de energía de emergencia, el cuadro de la distribución de emergencia y el cuadro de alumbrado de emergencia estén situados por encima de la cubierta corrida más alta y a popa del mamparo de colisión. Esto garantiza que en caso de inundación, pueda funcionar durante el mayor tiempo posible.

La potencia entregada por el generador de emergencia ha de satisfacer los requerimientos en esta situación. Las necesidades del buque en situación de emergencia son de 248 kW, luego se instalará un generador cuya refrigeración sea por aire, evitando así el conducir los elementos necesarios hasta el local de emergencia.

De acuerdo con la regla II.1.43 del reglamento SOLAS, este generador será autónomo y se conectará automáticamente al producirse una caída de tensión.

9.1 Generador de emergencia.

Generará corriente alterna trifásica a 440 V y 60 Hz, de la que se alimentarán directamente las bombas, chigres y el ventilador de emergencia. Se transforma a 220 V y 60 Hz para el servicio de alumbrado de emergencia y se rectifica a 24 V para las luces y aparatos de navegación. Según el SOLAS, este generador ha de ser capaz de suministrar energía eléctrica a los servicios esenciales durante al menos un periodo de 36 horas.

Las características técnicas de este grupo son las siguientes:

Marca	Deutz
Modelo	BF6M1015C
Número de cilindros	6
RPM	2100 rpm
Potencia nominal del motor	320 kW
Potencia eléctrica generada	280 kW
Consumo específico en la MCR	212 g/kWh
Longitud	1,6 m
Altura	1,9 m
Anchura	1,5 m

El arrancador del grupo será eléctrico y alimentado por baterías, conectándose mediante un contacto de mínima tensión a las barras del cuadro de emergencia de tal manera que cuando se detecte un fallo de tensión, se ponga en funcionamiento el arrancador.

En el local del generador de emergencia se instalará un cuadro de emergencia interconectado con el principal de forma que, durante la navegación normal, los elementos que constituyen el servicio de emergencia sean alimentados desde el cuadro principal. El cuadro dispondrá de los siguientes paneles:

- Panel del grupo de socorro.
- Panel de sincronismo e interconexión con la red principal.
- Panel de distribución de carga.

En el local del generador de emergencia se instalará un cuadro de emergencia conectado al principal. Este cuadro de emergencia cuenta con conexiones al grupo de emergencia, a servicio de emergencia de fuerza, transformador y red de alumbrado de emergencia y una conexión al cuadro principal.

9.2 Modos de emergencia.

Los modos de funcionamiento son seleccionables desde un selector situado en el panel de control del grupo de emergencia, con las siguientes posiciones:

- Manual.
- Automático.

En el modo manual, la secuencia de funcionamiento es como sigue:

1. Arranque del grupo diesel de emergencia.
2. Cierre o disparo del interruptor de acometida desde el grupo diesel de emergencia.
3. Sincronización del grupo diesel de emergencia con la red.
4. Disparo de interruptores de acometida de la barra.
5. Subir o bajar carga

En modo automático, el arranque del grupo diesel se produce de forma automática al producirse un mínimo en la tensión en la barra de esenciales. Es en esta situación en la que la PLC del grupo se hace cargo del gobierno de los interruptores de acometida, y se inhiben las órdenes del mando de los interruptores dadas desde la sala de control. La secuencia es como sigue:

1. Fallo de tensión en la barra de esenciales. El sistema de control del grupo diesel de emergencia trata de restablecer tensión en dicha barra, disparando su interruptor de acometida desde dicha barra.
2. Una vez el grupo diesel ha alcanzado un régimen estacionario, el PLC da la orden del cierre del interruptor desde el grupo de emergencia a la barra de esenciales, alimentando los servicios esenciales que cuelgan de ella.
3. Una vez se produce la recuperación de la tensión en el cuadro principal, y tras esperar un tiempo prudencial a que esta se estabilice en la red, el PLC del grupo

diesel de emergencia sincroniza la tensión generada en el grupo de emergencia con la tensión existente en la acometida a la barra de esenciales desde la barra de fuerza. Una vez alcanzado el sincronismo se da la orden de cierre al interruptor de acometida y se produce a un deslastrado en la rampa del grupo hasta que éste se quede vacío. Una vez vacío, la PLC da la orden de parada del grupo de emergencia.

9.3 Red de baterías

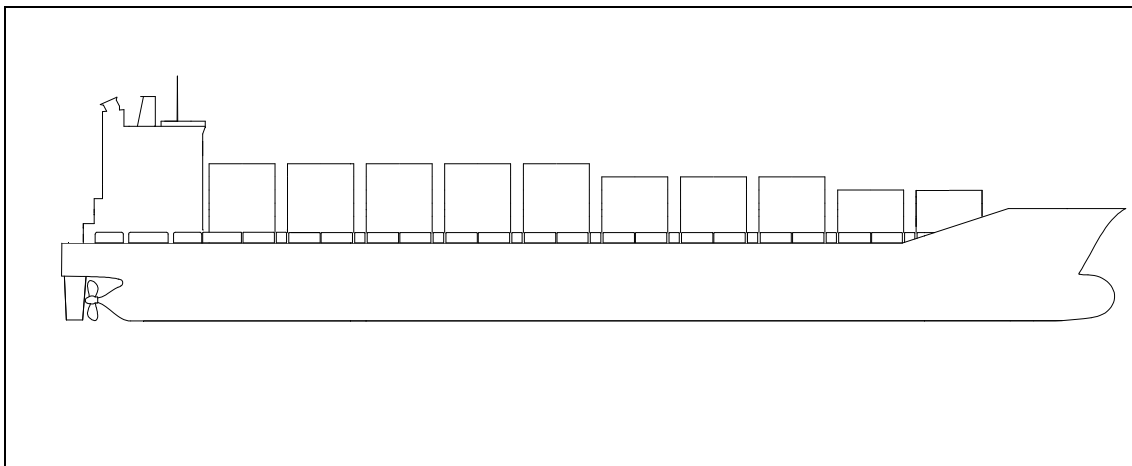
La reglamentación obliga a instalar una fuente de alimentación ininterrumpida que sea capaz de cubrir las necesidades de alumbrado de emergencia, navegación, comunicaciones, detección de incendios y avisadores acústicos durante media hora.

Las baterías se encuentran conectadas permanentemente a un aparato de carga de tipo de tensión constante para carga continua, asegurando que al surgir la situación de emergencia estas estén completamente cargadas.



Cuaderno 10

Resistencia Estructural



Portacontenedores 1750 TEUS

Proyecto Nº 012

Realizado por:

Ismael Fernández Gil

Especificaciones del proyecto

PROYECTO NÚMERO: CA5

TIPO DE BUQUE: Portacontenedores

CAPACIDAD DE CARGA: 1750 TEU's (120 refrigerados)

PESO MUERTO: 21000 TM

SOCIEDAD DE CLASIFICACIÓN: Lloyd's Register

REGLAMENTOS: Solas, Marpol, Convenio Líneas de carga

VELOCIDAD: 22 nudos al 85% MCR en pruebas

AUTONOMÍA: 12000 millas al 90% MCR y 15% de margen de mar

TRIPULACIÓN: 25 personas

Índice

1. Introducción.....	4
2. Descripción de la estructura.....	5
3. Justificación de materiales.....	7
4. Definición de parámetros reglamentarios.....	9
4.1 Eslora reglamentaria.....	9
4.2 Manga.....	9
4.3 Puntal.....	9
4.4 Calado.....	9
4.5 Coeficiente de bloque.....	10
5. Escantillonado de la cuaderna maestra.....	11
5.1 Módulo resistente preliminar.....	11
5.2 Módulo mínimo de la sección maestra.....	12
5.3 Momento de inercia de la sección maestra.....	12
5.4 Cargas de diseño.....	13
5.5 Requisitos específicos a portacontenedores.....	16
5.6 Escantillonado de cubierta.....	17
5.7 Escantillonado de costado.....	21
5.8 Escantillonado del fondo y del doble fondo.....	28
5.9 Escantillonado del castillo de proa.....	31
5.10 Escantillonado de superestructura.....	33
6. Resistencia general. Cargas globales.....	41
6.1 Momento flector vertical debido a las olas.....	41
6.2 Momento flector en aguas tranquilas.....	43
6.3 Momento de inercia mínimo.....	43
6.4 Módulo mínimo.....	44

6.5 Momento de inercia.....	44
6.6 Módulo resistente.....	51
6.7 Esfuerzo cortante en olas.....	51
6.8 Esfuerzo cortante en aguas tranquilas.....	53
7. Torsión.....	55
7.1 Momento torsor debido a causas hidrodinámicas.....	55
7.2 Momento torsor debido a la asimetría de la carga.....	56
8. Acrónimos.....	58

1. Introducción.

En este cuaderno se describe de manera general la estructura del buque, partiendo de las normas impuestas por la sociedad de clasificación. (Lloyd's Register of Shipping).

La sociedad impone una serie de escantillonados mínimos en función de las distintas zonas del buque. Asegurando de esta manera la resistencia estructural del buque. Puesto que los valores obtenidos, en algunos casos, no se encontrarán en el mercado, se montaran elementos de un tamaño superior al mínimo requerido por la clase.

En un primer lugar se llevará a cabo la elección de los materiales con los que se construirá el buque, posteriormente se fijarán las dimensiones de los elementos de refuerzo y finalmente se establecerán los escantillonados mínimos para cada sección.

En último lugar se calculará la resistencia general de la estructura y las cargas globales que soportará.

2. Descripción de la estructura.

Una vez definida la disposición general y formas del buque, se está en posición de llevar a cabo el estudio de la resistencia estructural del buque proyecto, para ello se van a asegurar los requerimientos del Lloyd's Register of Ships, por ser esta la Sociedad de Clasificación que emitirá los certificados del buque, según especificación.

El buque dispone de doble casco a lo largo de toda su eslora, el mismo se utiliza tanto para fines de lastre. La parte superior de los costados forma el llamado cajón de torsión, que va reforzado para contrarrestar las grandes aberturas de las cubiertas. Debajo del primer nivel de contenedores se encuentra la cubierta de pasillo, la cual recorre al buque desde el castillo de proa hasta la habilitación. La estructura que tendrá el buque es longitudinal, tanto en el fondo, cubierta y costados, permitiendo minimizar de esta manera el peso de acero.

La clara entre cuadernas ya ha sido definida en apartados anteriores, siguiendo la siguiente ley:

Clara de cuadernas en CM	700 mm
Clara de cuadernas en piques	600 mm
Clara de cuadernas en bodegas	830 mm

Se dispondrá de varengas cada cuatro claras, coincidiendo la intersección de las mismas y las vagras con los puntos de apoyo de los contenedores, generando una mejor transmisión de los esfuerzos, además de aliviar las tensiones y deformaciones de las planchas del suelo de las bodegas.

La separación entre contenedores es de 100 mm y la separación entre contenedores y mamparo de 118 mm. A su vez, cada dos contenedores se dispondrá de mamparos buscando así una mayor rigidez transversal del buque, sirviendo a la vez de apoyos a los elementos primarios de estructura longitudinal.

En la zona de cámara de máquinas la estructura será transversal y el doble fondo estará constituido por una estructura altamente rígida, con varengas en cada cuaderna,

de manera que soporte los esfuerzos generados por el motor principal. Las vagras de la cámara de máquinas estarán dispuestas de forma que estén alineadas con el polín del propulsor y constituirán los límites de los tanques en el doble fondo de la cámara de máquinas. Los piques de proa y popa tendrán un reforzado también transversal con varengas en cada cuaderna y las zonas que soporten grandes esfuerzos locales como los polines del servomotor.

En el fondo de la zona de proa se tendrán en cuenta las sobrepresiones debidas al slamming, de manera que se reforzará dicha zona y se aumentará el espesor de la plancha.

Los aligeramientos en vagras, varengas y bulárcamas tendrán el tamaño necesario para permitir el acceso a todas las zonas del buque.

3. Justificación de materiales

La elección del material a utilizar no presenta grandes dudas, pues el buque se construirá en acero, pero la calidad y resistencia según su espesor, varía en función del grado del acero. Para llevar a cabo la elección del grado de acero utilizado en las distintas partes del buque, la sociedad de clasificación proporciona las siguientes tablas en las que se muestran los requerimientos del mismo:

Características acero naval clase A	
Límite elástico	235 N·mm ²
Límite de rotura	400 N·mm ²
Módulo de Young	2,06·10 ⁵ N·mm ²
Factor de acero de alta resistencia	1

La sociedad de clasificación establece además unas calidades mínimas de acero para determinadas partes de la estructura y los espesores en función de su grado:

Espesor (mm)	Clase		
	I	II	III
$t \leq 15$	A	A	A
$15 < t \leq 20$	A	A	B
$25 < t \leq 25$	A	B	D
$25 < t \leq 30$	A	D	D
$30 < t \leq 35$	B	D	E
$35 < t \leq 40$	B	D	E
$t \geq 20$	D	E	E

Parte Estructural	Zona Central	Extremos
Planchas de costado	I	A
Tracas inferiores de mamparos longitudinales	I	A
Planchas del fondo	II	A
Planchas de cubierta resistente	II	A
Longitudinales de cubierta resistente	II	A
Tracas superiores de mamparos longitudinales	II	A
Tracas superiores de tanques	II	A
Traca de cinta	III	II
Trancanil	III	II
Planchas de las esquinas de las escotillas	III	II
Tracas de cubierta sobre mamparos longitudinales	III	II
Traca de pantoque	III	II
Brazola de escotilla	III	II

Respecto al buque en proyecto, su disposición abierta da lugar a una gran concentración del peso de la estructura en la zona baja de éste y por consiguiente, el eje neutro del buque estará localizado relativamente cerca del fondo, forzando esto a aumentar los espesores en la cubierta o utilizar acero de alta resistencia si estos grosores resultan excesivos.

4. Definición de parámetros reglamentarios.

Los principales parámetros reglamentarios del buque utilizados en el escantillonado de la maestra son los siguientes.

4.1 Eslora Reglamentaria.

La eslora reglamentaria L es la distancia en la flotación al calado de escantillonado desde la cara popel de la mecha del timón hasta la cara de proa de la roda, a condición de que su valor este comprendido entre el 96% y 97% de la eslora de flotación a ese calado. Si no es así se tomará el valor más cercano al intervalo.

Para el calado de escantillonado ($T = 9,5$ m), la eslora en la flotación es de 188,7 m y la distancia desde la cara popel de la mecha hasta la cara de proa de la roda es de 186,2 m, el cual se encuentra fuera del intervalo, y en consecuencia se tomará el 97 % de la eslora de flotación, 182,3 m

$$L_{FL} = 0,97 \cdot 188,7 = 182,3 \text{ m}$$

4.2 Manga.

Es la máxima manga de trazado:

$$B = 27,7$$

4.3 Puntal.

Distancia medida en la mitad de la eslora en el costado desde la línea base hasta la parte superior de la cubierta:

$$D = 16,9 \text{ m}$$

4.4 Calado.

No debe de ser menor que el calado medido a mitad de eslora desde la línea base al calado de verano. Su valor no es fijo sino decisión del proyectista:

$$T = 9,04 \text{ m}$$

4.5 Coeficiente de bloque.

Es el referido al calado de escantillonado, la eslora reglamentaria y la manga máxima.

$$Cb = \frac{\Delta}{1,025 \cdot L \cdot B \cdot T} = 0,68$$

5. Escantillonado de la cuaderna maestra.

5.1 Módulo resistente preliminar.

El módulo resistente de la cuaderna maestra se determinará partiendo de los elementos estructurales longitudinales continuos a lo largo de la eslora del buque. El hecho de ser continuos obliga a que estos elementos se prolonguen a través de los elementos estructurales transversales, o que en su defecto se encuentren perfectamente fijados en ambos extremos, impidiendo así la deformación de los mismos y colaborando a la correcta transmisión de esfuerzos. De ahí el uso de cartabones, escuadras, cartelas pletinas y corbatas.

Para llevar a cabo la determinación del módulo resistente preliminar, es necesario que los valores obtenidos cumplan con los requisitos impuestos por la sociedad de clasificación. Es por ello que el proceso sigue de tal manera que los valores obtenidos en las expresiones dadas por el LRS, son incrementadas hasta unidades en las que los elementos dimensionados son comercializados.

Una vez calculados los espesores y las inercias mínimas de todos los elementos, es necesario comprobar el módulo resistente que se obtiene y si cumple con los requerimientos impuestos.

La estructura está catalogada en tres tipos de elementos distintos, los elementos terciarios, que son las planchas y mamparos, los elementos secundarios que reciben las cargas de los elementos terciarios y a su vez transmiten estos a los elementos primarios.

A pesar de ser posible calcular la longitud efectiva de los elementos en algunos casos, se ha utilizado la longitud de trazado de los mismos, puesto que estos suponen unos mayores requerimientos de espesores, generándose así una estructura más resistente.

Para elegir el elemento que se va a disponer como refuerzo, una vez calculado el módulo mínimo, este debe cumplir con el perfil y la parte de la plancha asociada. Esta

anchura de la plancha ha de ser mayor a 600 mm ó $40 \cdot t_p$, siempre que se cumpla que la distancia entre dos refuerzos sea mayor a este valor.

En el caso de la estructura resistente primaria, el área efectiva de la plancha asociada es:

$$A = 10 \cdot f \cdot b \cdot t_p$$

siendo

b: Distancia de la plancha a ambos lados del refuerzo.

f: $0,3 \cdot \left(\frac{l}{b} \right)^{2/3}$

t_p : Espesor de la plancha

5.2 Módulo mínimo de la sección maestra.

Tal y como es presentado por la sociedad de clasificación en la Parte 3, Capítulo 4, sección 5, Apartado 5.5, el módulo mínimo de la sección maestra, referido al eje neutro, en la quilla o en la cubierta, no será nunca menor a:

$$Z_{min} = f_1 \cdot k_L \cdot C_1 \cdot L^2 \cdot B \cdot (Cb + 0,7) \cdot 10^{-6}$$

Siendo:

f_1 : El factor de servicio del buque, 1 para este caso.

k_L 1 para acero dulce.

C_1 Factor de momento de flexión en ola:

$$C_1 = 10,75 - \left(\frac{300 - L}{100} \right)^{1,5}$$

Donde resulta un módulo mínimo de:

$$Z_{min} = 9,15 \text{ m}^3$$

5.3 Momento de inercia de la sección maestra.

El momento de inercia de la sección maestra, definido en la Parte 3, Capítulo 4, Sección 5, Apartado 5.9, referido al eje neutro, viene dado por:

$$I = \frac{3 \cdot L \cdot (|\bar{M}_s + M_w|)}{K_{L,\sigma}} \cdot 10^5$$

Valores explicados y calculados en apartados posteriores. Sustituyendo valores resulta:

$$I_{min} = 69 \, m^4$$

5.4 Cargas de diseño.

Las cargas de diseño para cada elemento estructural son las siguientes:

Buque Portacontenedores 1750 TEU's

Elemento Estructural y Posición	Elemento	Coefficiente de Estiba C (m ³ /ton)	Carga de Diseño (kN/m ²)	Presión Equivalente h _i (m)	Carga Admisible (kN/m ²)	Presión Admisible (m)
Cubierta de intemperie				h ₁		
Entre la perpendicular de proa y 0,075·L	Baos y longitudinales	1,39	12,73	1,8	8,5	1,2
	Estructura primaria		29,64+14,41·E	4,2+2,04·E		
Entre 0,075· L y 0,12·L	Baos y longitudinales	1,39	10,61	1,5	8,5	1,2
	Estructura primaria		22,59+14,41·E	3,2+2,04·E		
Entre 0,125·L y la perpendicular de popa	Baos y longitudinales	1,39	8,5+14,41·E	1,2+2,04·E	8,5	1,2
	Estructura primaria					
Cubierta de carga				h ₂		
Carga general	Toda estructura	1,39	7,07·H _{TD}	H _{TD}	7,07·H _{TD}	H _{TD}
Espacio de máquinas, talleres y almacenes		1,39	18,37	2,6		
Cubierta de acomodación				h ₃		
Cerca de tanques	Toda estructura	1,39		1,2		
Cubierta de superestructura				h ₃		
Primera cubierta	Baos y longitudinales			0,9		
Segunda cubierta				0,6		
Tercera cubierta y superiores				0,45		
Cubierta superior de tunel o de lastre				h ₄		
	Planchas y refuerzos	C	(9,82·h)/C	h		

Buque Portacontenedores 1750 TEU's

Elemento Estructural y Posición	Elemento	Coefficiente de Estiba C (m ³ /ton)	Carga de Diseño (kN/m ²)	Presión Equivalente h _i (m)	Carga Admisible (kN/m ²)	Presión Admisible (m)
Tapa de escotilla						
	Planchas y refuerzos	1,39	$7,07 \cdot H_{TD}$	H_{TD}	$7,07 \cdot H_{TD}$	H_{TD}
Fondo de bodega				H		
Clasificación de carga pesada	Planchas y refuerzos	1,39			$9,82 \cdot T$	$1,39 \cdot T$
Clasificación de carga no pesada		$C < 0,865$	H/C	H	H/C	H
Mamparo estanco	Planchas y refuerzos	0,975	$10,07 \cdot h_4$	h_4		
Mamparo de tanque de lastre	Planchas y refuerzos	$C < 0,865$	$(9,82 \cdot h_4)/C$	h_4		

Siendo:

E: Factor de corrección por la altura de la plataforma correspondiente.

H: Altura desde el techo del tanque hasta la cubierta

H_{TD} : Carga correspondiente a la altura de entrepuente

H: Mitad de la altura del conducto encima del techo del túnel o tanque

C: Volumen de la bodega, excluyendo el volumen de las brazolas.

5.5 Requisitos específicos para portacontenedores.

Para los siguientes cálculos se define s como el espaciado entre refuerzos secundarios, siendo su valor para las diferentes zonas:

	S (mm)
Cubierta resistente	600
Cubierta pasillo	620
Forro del costado	600
Tanque lateral	620
Doble fondo	630

La sociedad de clasificación, parte 4, capítulo 8, expresa los requisitos particulares para buques portacontenedores.

Por tratarse de un buque portacontenedores de más de 100 m de eslora, la sociedad de clasificación en la parte 4, capítulo 8, sección 4 indica que la estructura ha de ser longitudinal en la zona central del buque, con doble fondo y mamparos del cajón de torsión.

El escantillonado de la cubierta resistente no debe ser menor al mayor de los siguientes espesores:

$$t_1 = 0,012 \cdot s_1$$

$$t_2 = 10 + 0,01 \cdot L_1$$

Siendo estos valores para el buque en proyecto:

$$t_1 = 7,2 \text{ mm}$$

$$t_2 = 11,8 \text{ mm}$$

El escantillonado de la cubierta de pasillo no debe ser menor al mayor de los siguientes espesores:

$$t_1 = 7,4 \text{ mm}$$

$$t_2 = 11,8 \text{ mm}$$

Las planchas de doble fondo deben tener un espesor mayor al siguiente:

$$t = 6 + 0,03 \cdot L$$

Ó 12 mm si este valor es menor, como es el caso del buque en proyecto.

5.6 Escantillonado de cubierta

5.6.1 Planchas de la cubierta resistente

Se tomará el mayor de los siguientes valores:

$$t_1 = 0,001 \cdot s_1 \cdot (0,059 \cdot L_1 + 7) \cdot \sqrt{F_D / k_L}$$

$$t_2 = 0,00083 \cdot s_1 \cdot \sqrt{L \cdot k} + 2,5$$

Siendo:

s_1 : El mismo valor que s siempre que no sea menor al menor de los siguientes valores:

$$s_1 = 470 + \frac{L}{0,6}$$

ó
700 mm

L_1 : Igual a L pero menor a 190 m.

F_D : El factor de reducción del material no tomado menor a 0,67, en este caso 1.

K_L 1 para acero dulce.

k : 1 para acero dulce.

Resultando los siguientes espesores:

$$t_1 = 10,71 \text{ mm}$$

$$t_2 = 9,25 \text{ mm}$$

Inferiores a los calculados en el apartado 5.5, por lo que se tomarán aquellos, es decir:

$$t_1 = 12 \text{ mm}$$

5.6.2 Planchas de la cubierta de pasillo.

Al encontrarse la cubierta de pasillo encima de los tanques de lastre laterales, se tomará el siguiente valor:

$$t = 0,004 \cdot s \cdot f \cdot \sqrt{\frac{\rho \cdot k \cdot h_4}{1,025}} + 3,5$$

Siendo:

f: el valor obtenido de

$$1,1 - \frac{s}{2500 \cdot S}$$

e inferior a 1

h₄: Presión equivalente, distancia entre un tercio de la altura de la cubierta correspondiente a la cubierta principal incrementada en 0,91 m.

$$t = 9,42 \text{ mm}$$

El valor del espesor final de la cubierta de pasillo será, al igual que en el caso de la cubierta resistente:

$$t = 12 \text{ mm}$$

5.6.3 Longitudinales de la cubierta resistente

El módulo mínimo de los refuerzos viene dado por la expresión siguiente:

$$Z = 0,043 \cdot s \cdot k \cdot h_{T1} \cdot l_e^2 \cdot F_1$$

Siendo:

$$h_{T1}: \quad T + C_w$$

Pero no mayor que

$$1,36 \cdot T$$

$$C_w: \quad C_w = 7,71 \cdot 10^{-2} \cdot L \cdot e^{-0,0044 \cdot L}$$

$$l_e: \quad \text{Se fija en 2.}$$

$$F_1: \quad F_1 = 0,25 \cdot \frac{60}{225 - 165 \cdot F_D}$$

y el valor mínimo obtenido para el escantillonado de la cubierta resistente es:

$$Z = 160 \text{ cm}^3$$

Con lo cual se empleará un perfil HP de 220 y un espesor de 10.

5.6.4 Longitudinales de la cubierta de pasillo.

El módulo mínimo de los refuerzos viene dado por el mayor valor de los siguientes refuerzos:

$$Z_1 = s \cdot k \cdot (5,9 \cdot L_1 + 25 \cdot h_2 \cdot l_e^2) \cdot 10^{-4}$$

$$Z_2 = s \cdot k \cdot (5,1 \cdot L_1 + 25 \cdot h_3 \cdot l_e^2) \cdot 10^{-4}$$

$$Z_3 = \frac{0,0113 \cdot \rho \cdot s \cdot k \cdot h_4 \cdot l_e^2}{\gamma}$$

Siendo:

h_1 , h_2 , h_3 , las presiones equivalentes, cuyos valores respectivos para los cálculos que han de ser realizados son:

$$h_1 = 1,5$$

$$h_2 = 2,6$$

$$h_3 = 1,2$$

ρ : Densidad del agua de mar.

γ : : tiene un valor de 1,6

Sustituyendo los valores en las respectivas ecuaciones:

$$Z_1 = 73,1 \text{ cm}^3$$

$$Z_2 = 74,3 \text{ cm}^3$$

$$Z_3 = 21,5 \text{ cm}^3$$

Siendo el valor mínimo del módulo para los refuerzos de la cubierta de pasillo de $74,3 \text{ cm}^3$. Tal y como ha sido expuesto con anterioridad, el perfil que se empleará ha de tener un módulo superior al impuesto por la clase, de que se opte por emplear un perfil HP- 200x9.

5.6.5 Brazola de escotilla

El espesor para la brazola de escotilla viene dado por:

$$t = 0,008 \cdot H \cdot \sqrt{k} + 1$$

Y nunca menor a 12 mm.

Siendo:

H: Altura de la brazola de la escotilla, (600 mm).

Sustituyendo resulta:

$$t = 14,4 \text{ mm}$$

Así pues, la plancha de la brazola tendrá un espesor de 15 mm.

5.6.6 Tapas de escotilla

El espesor de las tapas viene determinado por:

$$t = 0,01 \cdot s \cdot k_C \cdot \sqrt{k}$$

Pero no menor a 6 mm.

Siendo:

K_C : igual a 1.

Sustituyendo los valores correspondientes, se puede emplear una plancha con un espesor de:

$$t = 6 \text{ mm}$$

5.7 Escantillado de costado.

5.7.1 Escantillado del forro.

Para determinar el espesor de la chapa de costado, se toma el mayor de los siguientes valores:

$$t = 0,01 \cdot s_1 \cdot (0,059 \cdot L_1 + 7) \cdot \sqrt{\frac{F_D}{k_L}}$$

$$t = 0,0042 \cdot s_1 \cdot \sqrt{h_{T1} \cdot k}$$

Siendo:

F_D : Factor de reducción del material, cuyo valor no ha de ser inferior a 0,67.

Con esto, los espesores obtenidos son:

$$t_1 = 8,76 \text{ mm}$$

$$t_2 = 9,63 \text{ mm}$$

El valor elegido es:

$$t_2 = 10 \text{ mm}$$

5.7.2 Planchas del costado por debajo de $D/2$.

Se toma el mayor de los siguientes valores:

$$t_1 = 0,001 \cdot s_1 \cdot (0,059 \cdot L_1 + 7) \cdot \sqrt{\frac{F_D}{k_L}}$$

Y la media de los siguientes valores:

$$t_2 = 0,0042 \cdot s_1 \cdot \sqrt{h_{T1} \cdot k}$$

$$t_2 = 0,0054 \cdot s_1 \cdot \sqrt{\frac{h_{T2} \cdot k}{2 - F_D}}$$

Siendo:

h_{T2} : Valor obtenido de $T+0,5 \cdot C_w$ y no mayor que $1,2 \cdot T$.

Y los valores obtenidos son:

$$t_1 = 8,76 \text{ mm}$$

$$t_2 = 9,8 \text{ mm}$$

Siendo el valor del escantillonado para la zona inferior del costado, buscando material comercializado de 10 mm.

5.7.3 Planchas de unión de costado y pantoque.

Se tomará el mayor de los siguientes valores:

$$t_1 = 0,001 \cdot s_1 \cdot (0,059 \cdot L_1 + 7) \cdot \sqrt{\frac{F_D}{k_L}}$$

$$t_2 = 0,0054 \cdot s_1 \cdot \sqrt{\frac{h_{T2} \cdot k}{2 - F_D}}$$

Y los valores obtenidos son:

$$t_1 = 8,76 \text{ mm}$$

$$t_2 = 10,09 \text{ mm}$$

Luego el mayor de ellos y el que define el espesor de las planchas de unión es t_2 .

A pesar de ser el valor muy próximo a 10 mm, se empleará un valor superior, y por ello se instalará una plancha de 11 mm.

5.7.4 Planchas del pantoque.

Se tomará el mayor de los siguientes valores:

$$t_1 = 0,001 \cdot s_1 \cdot f_1 \cdot (0,056 \cdot L_1 + 16,7) \cdot \sqrt{\frac{F_B}{k_L}}$$

$$t_2 = 0,0063 \cdot s_1 \cdot \sqrt{\frac{h_{T2} \cdot k}{1,8 - F_B}}$$

Y nunca menor que el espesor de las planchas del fondo del buque. Así los valores obtenidos son:

$$t_1 = 13,26 \text{ mm}$$

$$t_2 = 12,77 \text{ mm}$$

Siendo el espesor para la zona del pantoque de 13,26 mm. Luego la plancha instalada tendrá un espesor de 14 mm.

5.7.5 Planchas del forro interior.

Se divide para su cálculo en dos zonas, el cajón de torsión y los tanques de lastre. Para el cajón de torsión el espesor mínimo viene dado por:

$$t = (0,004 \cdot s \cdot f + 3) \cdot \sqrt{h_4 \cdot k}$$

Y nunca menor de 5,5 mm.

Siendo:

f: el valor obtenido de:

$$1,1 - \frac{s}{2500 \cdot S}$$

Y no mayor a 1.

h₄: la presión equivalente

Con todo ello el espesor del cajón de torsión vale:

$$t = 11,15 \text{ mm}$$

Para los tanques se ha de emplear la siguiente fórmula:

$$t = 0,004 \cdot s \cdot f \cdot \sqrt{\frac{\rho \cdot k \cdot h_4}{1,025}} + 2,5$$

Y nunca menor a 7,5 mm.

Cuyo valor es:

$$t = 8 \text{ mm}$$

5.7.6 Traca de cinta.

Se tomará el mayor de los siguientes valores:

$$t_1 = 0,001 \cdot s_1 \cdot (0,059 \cdot L_1 + 7) \cdot \sqrt{\frac{F_D}{k_L}}$$

$$t_2 = 0,00083 \cdot s_1 \cdot \sqrt{L \cdot k} + 2,5$$

Y los valores respectivos son:

$$t_1 = 8,76 \text{ mm}$$

$$t_2 = 9,25 \text{ mm}$$

Tomándose como en todos los casos anteriores la unidad entera superior al mayor de los valores, 10 mm.

5.7.7 Longitudinales del forro exterior.

Su cálculo también es fragmentado como en el caso del forro interior, también en el cajón de torsión y los tanques de lastre. Para el cajón de torsión se toma el menor de los siguientes módulos:

$$Z_1 = 0,056 \cdot s \cdot k \cdot h_{T1} \cdot l_e^2 \cdot F_1 \cdot F_s$$

$$Z_2 = \gamma \cdot s \cdot k \cdot h_{T2} \cdot l_e^2 \cdot F_1$$

Siendo

$$F_1: F_1 = \frac{D_2 \cdot c_1}{25 \cdot D_2 - 20 \cdot h_5}$$

C₁ ha de ser dividido en tres zonas, para cubierta:

$$c_1 = \frac{60}{225 - 165 \cdot F_D}$$

1 para la mitad del puntal, y:

$$c_1 = \frac{75}{225 - 150 \cdot F_B}$$

Para el fondo.

$$\gamma: \gamma = 0,002 \cdot l_{e1}^2 + 0,046$$

l_e limitado entre 2,5 y 5.

$$Z_1 = 119,4 \text{ cm}^3$$

$$Z_2 = 103,89 \text{ cm}^3$$

Y el valor elegido para el módulo mínimo es de 119,4 cm³, luego el elemento elegido será un perfil HP de 220 y 12 mm de espesor.

El módulo mínimo para la zona de los tanques es o bien el mismo que el calculado para la zona del cajón, o el obtenido de la siguiente expresión si este es menor:

$$Z_3 = \frac{\rho \cdot s \cdot k \cdot h_4 \cdot l_e^2}{22 \cdot \gamma \cdot (w_1 + w_2 + 2)}$$

Siendo:

w₁ Factores de restricción cuyo valor es 1.

w₂ Factores de restricción cuyo valor es 1.

Obteniéndose:

$$Z_3 = 117,98 \text{ cm}^3$$

Perfiles de las mismas dimensiones que los calculados anteriormente.

5.7.8 Bulárcamas.

El módulo mínimo viene dado por el mayor de los siguientes valores:

$$Z_1 = 10 \cdot k \cdot S \cdot h_{T1} \cdot l_e^2$$

$$Z_2 = 11,7 \cdot \rho \cdot k \cdot S \cdot h_4 \cdot l_e^2$$

Obteniéndose los siguientes escantillonados:

$$Z_1 = 140,88 \text{ cm}^3$$

$$Z_2 = 122,8 \text{ cm}^3$$

Tomándose de nuevo el mayor de los valores obtenidos. El perfil utilizado será un LD de W 200 y F 150 y de 15 mm de espesor.

5.7.9 Plancha en altura intermedia del doble casco. (Palmejar)

Para escantillonar esta plancha se utiliza la siguiente expresión:

$$t = 0,004 \cdot s \cdot f \cdot \sqrt{\frac{\rho \cdot k \cdot h_4}{1,025}} + 3,5$$

Siendo:

- f $1,1 - \left(\frac{s}{2500} \cdot s \right)$ y nunca inferior a 1.
- h_4 Altura de la carga contenida en el tanque.
- ρ : Densidad del líquido contenido en el tanque.

Con lo que resulta un espesor de 12,8 mm. Por ello la plancha será de 13 mm.

5.8 Escantillonado del fondo y del doble fondo.

5.8.1 Planchas del fondo del buque.

Se tomará el mayor de los siguientes valores:

$$t_1 = 0,001 \cdot s_1 \cdot (0,043 \cdot L_1 + 10) \cdot \sqrt{\frac{F_D}{k_L}}$$

$$t_2 = 0,0052 \cdot s_1 \cdot \sqrt{\frac{h_{T2} \cdot k}{1,8 - F_D}}$$

Obteniéndose los siguientes espesores:

$$t_1 = 9,23 \text{ mm}$$

$$t_2 = 11,06 \text{ mm}$$

Así pues, el valor mínimo del escantillonado del fondo del buque ha de ser de 12 mm.

5.8.2 Plancha de quilla.

La plancha de la quilla viene dada por los siguientes parámetros:

Ha de estar comprendida entre 750 mm y 1800 mm. Obteniéndose su valor del producto de $70 \cdot B$, si este está comprendido entre los valores indicados o eligiendo el más próximo de ellos si el producto se encuentra fuera de este rango. En el caso del buque en proyecto el valor se sale del rango indicado (1946 mm) por lo que el valor será de 1800 mm.

El espesor de la plancha adyacente a la quilla en el fondo a de ser incrementada en 2 mm. Luego el valor mínimo impuesto por la S.C. es 13,06 mm. (se tomaraá 14 mm)

5.8.3 Planchas del forro interior.

El espesor mínimo viene dado por:

$$t = 0,00136 \cdot (s + 660) \cdot (k^2 \cdot L \cdot T)^{1/4} + 2$$

Resultando:

$$t = 13,09 \text{ mm}$$

5.8.4 Longitudinales del fondo y forro interior.

El módulo mínimo de los refuerzos del fondo es el mayor de los siguientes valores:

$$Z_1 = \gamma \cdot s \cdot k \cdot h_{T2} \cdot l_e^2 \cdot F_1$$

$$Z_2 = \gamma \cdot s \cdot k \cdot h_{T3} \cdot l_e^2 \cdot F_1 \cdot F_{sb}$$

Siendo:

h_{T3} : el valor obtenido de $h_4 - 0,25 \cdot T$

F_{sb} : es el factor de fatiga para longitudinales del fondo que se obtiene de:

$$F_{sb} = 0,5 \cdot \left(1 + \frac{1,1}{k} \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot b_{f1}}{b_f} \cdot (1 - k) \right) \right)$$

Siendo los valores respectivos obtenidos:

$$Z_1 = 207,9 \text{ cm}^3$$

$$Z_2 = 197,8 \text{ cm}^3$$

Montando a bordo un perfil HP de 400 y 13 mm de espesor.

5.8.5 Vagra central

El valor mínimo para este escantillonado es:

$$t = (0,008 \cdot d_{DB} + 4) \cdot \sqrt{k}$$

Y no menor de 6 mm.

Siendo:

d_{DB} : altura del doble fondo.

El valor del coeficiente empleado es el correspondiente a vagras estancas.

$$t = 18,4 \text{ mm}$$

Y se empleara $t = 19 \text{ mm}$.

5.8.6 Vagras laterales.

El valor mínimo para este elemento es de:

$$t = (0,0075 \cdot d_{DB} + 1) \cdot \sqrt{k}$$

Cuyo valor resulta:

$$t = 14,5 \text{ mm}$$

Empleando $t = 15 \text{ mm}$.

5.8.7 Varengas.

La distancia máxima entre varengas es de 3,8 m, cumpliéndose el criterio en este caso ya que la distancia real es de 2,1 m. El espesor de estos elementos se calcula de forma análoga al empleado para el cálculo de vagras, y se diferenciarán entre varengas estancas y convencionales. Las primeras han de tener un espesor de plancha igual a las vagras estancas, y las segundas igual a las vagras convencionales.

5.9 Escantillonado del castillo de proa.

Se toma el siguiente valor:

$$t = (7 + 0,02 \cdot L) \cdot \sqrt{\frac{k \cdot s_1}{s_b}}$$

Resultando:

$$t = 8,25 \text{ mm}$$

Luego se tomará:

$$t = 9 \text{ mm}$$

5.9.1 Planchas de cubierta.

$$t = (6 + 0,017 \cdot L) \cdot \sqrt{\frac{k \cdot s}{s_b}}$$

$$t = 7,05 \text{ mm}$$

tomando $t = 8 \text{ mm}$.

5.9.2 Longitudinales de cubierta.

Se toma el mayor de los valores siguientes:

$$Z_1 = s \cdot k \cdot (635 \cdot h_1 + 0,0078 \cdot (l_e \cdot L_1)^2) \cdot 10^{-4}$$

$$Z_2 = 0,0127 \cdot s \cdot k \cdot h_1 \cdot l_e^2$$

Resultando para cada uno:

$$Z_1 = 143,3 \text{ cm}^3$$

$$Z_2 = 111,4 \text{ cm}^3$$

Y consecuentemente el valor elegido es de 143,3 cm³. Por facilidades constructivas, se emplearán elementos longitudinales de las mismas características que los empleados en el forro.

5.9.3 Baos y esloras.

Primero ha de ser calculado el espaciado máximo permitido por la sociedad de clasificación, valor obtenido de la interpolación lineal entre los siguientes valores:

Eslora	Espaciado
100 m	2,5 m
300 m	3,5 m

Resultando un espaciado de 2,92 m.

Una vez definido el espaciado entre elementos contiguos de baos y esloras, el siguiente paso es definir los espesores de los mismos:

$$Z_1 = k \cdot (800 \cdot k_1 \cdot T \cdot D + 5,4 \cdot B_1 \cdot s \cdot h_1 \cdot l_e^2) \cdot 10^{-4}$$

$$Z_2 = 10,8 \cdot B_1 \cdot s \cdot k \cdot h_1 \cdot l_e^2 \cdot 10^{-4}$$

Siendo:

k_1 : factor que depende del número de cubiertas, para el buque en proyecto 9,3

B_1 : Manga del buque pero no mayor a 21,5 m.

Resultando:

$$Z_1 = 115,0 \text{ cm}^3$$

$$Z_2 = 118,9 \text{ cm}^3$$

Luego el valor mínimo es de 118,9 cm³. Correspondiendo a un perfil LD de W200 F150 y 12 mm de espesor.

5.10 Escantillonado de superestructura.

La superestructura se calcula de forma independiente debido a que las presiones equivalentes son distintas a las usadas en el casco. Para realizar los cálculos es necesario precisar unos parámetros definidos por la Sociedad de Clasificación en la parte 3, capítulo 8.

La presión equivalente en los elementos estructurales de la superestructura se definen como:

$$h = \alpha \cdot \beta \cdot (\beta \cdot \lambda - \gamma)$$

siempre mayor a:

$$h = 2,5 + 0,01 \cdot L_2$$

para la cubierta más baja, y:

$$h = 1,25 + 0,005 \cdot L_2$$

para las demás cubiertas, donde L_2 es la eslora del buque, no mayor a 250 m.

El parámetro α varía como se expresa a continuación:

Posición	
Cubierta inferior (parte Pr.)	$2,5 + 0,0083 \cdot L_3$
Segunda cubierta (parte Pr.)	$1 + 0,0083 \cdot L_3$
Tercera cubierta y sucesivas (parte Pr.)	$0,5 + 0,0067 \cdot L_3$
Todas las cubiertas (parte Pp.)	$0,7 + 0,001 \cdot L_3 - 0,8 \cdot (x/L)$

El parámetro δ se obtiene de:

$$\delta = 0,3 + 0,7 \cdot \frac{b}{B}$$

b: Manga de la cubierta considerada.

El parámetro β se obtiene viene dado por:

Para $x/L \leq 0,45$

$$1 + \left(\frac{\frac{x}{L} - 0,45}{Cb + 0,2} \right)^2$$

Para $x/L > 0,45$

$$1 + 1,5 \left(\frac{\frac{x}{L} - 0,45}{Cb + 0,2} \right)^2$$

x: Distancia entre la perpendicular de proa y el mamparo considerado.

El parámetro λ se define como sigue:

$$\lambda = \left(\frac{L}{10} \cdot e^{-L/300} \right) - \left(1 - \left(\frac{L}{150} \right)^2 \right)$$

5.10.1 Cubierta de zonas comunes.

Cálculo de las presiones equivalentes:

Mamparo de proa

α	δ	β	λ	γ	h
0,179	0,778	1,34	10,4	5,9	1,14

Mamparos laterales

α	δ	β	λ	γ	h
0,13	0,778	1,44	10,4	5,9	0,94

Mamparo de popa.

α	δ	β	λ	γ	h
0,08	0,778	1,56	10,4	5,9	0,68

Planchas laterales

El escantillonado de estas ha de tomarse como sigue:

$$t = (5 + 0,01 \cdot L_3) \cdot \sqrt{k}$$

Resultando:

$$t = 6,8 \text{ mm}$$

Perfiles de las planchas laterales.

Los módulos mínimos son:

$$Z = 0,035 \cdot h \cdot s \cdot l_e^2 \cdot k$$

Resultando para cada uno de los mamparos

Mamparos de proa	Mamparos laterales	Mamparos de Popa
$Z = 99,5 \text{ cm}^3$	$Z = 82,3 \text{ cm}^3$	$Z = 59,3 \text{ cm}^3$

Plancha de cubierta:

El escantillonado viene dado por la expresión:

$$t = 7,5 \cdot \sqrt{\frac{k \cdot s}{s_b}}$$

Donde resulta que el espesor mínimo de la plancha de cubierta es:

$$t = 6,66 \text{ mm}$$

Módulo mínimo para los longitudinales

El módulo mínimo para estos elementos es:

$$Z = s \cdot k \cdot (5,1 \cdot L_1 + 25 \cdot h_3 \cdot l_e^2) \cdot 10^{-4}$$

Siendo:

$$Z = 63,7 \text{ cm}^3$$

Módulo mínimo para los baos

$$Z = (530 \cdot k_1 \cdot T \cdot D + 38,8 \cdot s \cdot h_3 \cdot l_e^2) \cdot k \cdot 10^{-4}$$

$$Z = 96,6 \text{ cm}^3$$

5.10.2 Cubierta A

Presiones equivalentes.

Siguiendo los pasos anteriores:

Mamparo de proa

α	δ	β	λ	γ	h
0,179	0,778	1,34	10,4	8,6	0,76

Mamparos laterales

α	δ	β	λ	γ	h
0,13	0,778	1,44	10,4	8,6	0,67

Mamparo de popa.

α	δ	β	λ	γ	h
0,08	0,778	1,56	10,4	8,6	0,50

Planchas laterales:

$$t = 6,8 \text{ mm}$$

Perfiles de las planchas laterales:

Mamparos de proa	Mamparos laterales	Mamparos de Popa
$Z = 66,4 \text{ cm}^3$	$Z = 58,3 \text{ cm}^3$	$Z = 44,0 \text{ cm}^3$

El espesor de la plancha de cubierta se mantiene, luego:

$$t = 6,66 \text{ mm}$$

En el caso de los longitudinales y baos, al variar h_3 , los nuevos valores para estos son:

Longitudinales:

$$Z = 61,9 \text{ cm}^3$$

Baos:

$$Z = 93,7 \text{ cm}^3$$

5.10.3 Cubierta B

Presiones equivalentes.

Siguiendo los pasos anteriores:

Mamparo de proa

α	δ	β	λ	γ	h
0,179	0,778	1,34	10,4	11,35	0,38

Mamparos laterales

α	δ	β	λ	γ	H
0,13	0,778	1,44	10,4	11,35	0,38

Mamparo de popa.

α	δ	β	λ	γ	h
0,08	0,778	1,56	10,4	11,35	0,32

Planchas laterales:

$$t = 6,8 \text{ mm}$$

Perfiles de las planchas laterales:

Mamparos de proa	Mamparos laterales	Mamparos de Popa
$Z = 33,1 \text{ cm}^3$	$Z = 33,8 \text{ cm}^3$	$Z = 28,4 \text{ cm}^3$

El espesor de la plancha de cubierta se mantiene, luego:

$$t = 6,66 \text{ mm}$$

En el caso de los longitudinales y baos, al variar h_3 , los nuevos valores para estos son:

Longitudinales:

$$Z = 60,9 \text{ cm}^3$$

Baos:

$$Z = 92,2 \text{ cm}^3$$

5.10.4 Cubierta C

Presiones equivalentes.

Siguiendo los pasos anteriores:

Mamparo de proa

α	Δ	β	λ	γ	h
0,179	0,778	1,34	10,4	14,1	0,0

Mamparos laterales

α	δ	β	λ	γ	H
----------	----------	---------	-----------	----------	-----

0,13	0,778	1,44	10,4	14,1	0,10
------	-------	------	------	------	------

Mamparo de popa.

α	δ	B	λ	γ	H
0,08	0,778	1,56	10,4	14,1	0,14

Planchas laterales:

$$t = 6,8 \text{ mm}$$

Perfiles de las planchas laterales:

Mamparos de proa	Mamparos laterales	Mamparos de Popa
$Z = 33,1 \text{ cm}^3$	$Z = 33,8 \text{ cm}^3$	$Z = 28,4 \text{ cm}^3$

El espesor de la plancha de cubierta se mantiene, luego:

$$t = 6,66 \text{ mm}$$

En el caso de los longitudinales y baos, h_3 también se mantiene, luego los valores para estos elementos son:

Longitudinales:

$$Z = 60,9 \text{ cm}^3$$

Baos:

$$Z = 92,2 \text{ cm}^3$$

6. Resistencia general. Cargas globales

En este apartado se calculan las cargas globales, que pueden ser calculadas a partir de las fórmulas encontradas en PT. 3, Ch. 4, Sec. 5. El reglamento proporciona los valores mínimos aplicables en caso que los calculados para las distintas condiciones de carga sean menores.

6.1 Momento flector vertical debido a las olas.

El momento flector en olas a adoptar en la sección maestra no será inferior al siguiente valor:

$$M_w = f_1 \cdot f_2 \cdot M_{wo}$$

Donde:

$$f_1 = 1$$

Buques sin restricción de navegación.

$$f_2 = -1,1$$

Para la situación de arrufo, y:

$$f_2 = \frac{1,9 \cdot Cb}{(Cb + 0,7)}$$

para el momento flector en quebranto.

$$M_{wo} = 0,1 \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot L^2 \cdot B(Cb + 0,7)$$

Siendo a su vez:

$$C_1 = 10,75 - \left(\frac{300 - L}{100} \right)^{1,5}$$

$$C_2 = 1$$

Para la sección maestra:

- Arrufo

$$M_{wo} = -1375096 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

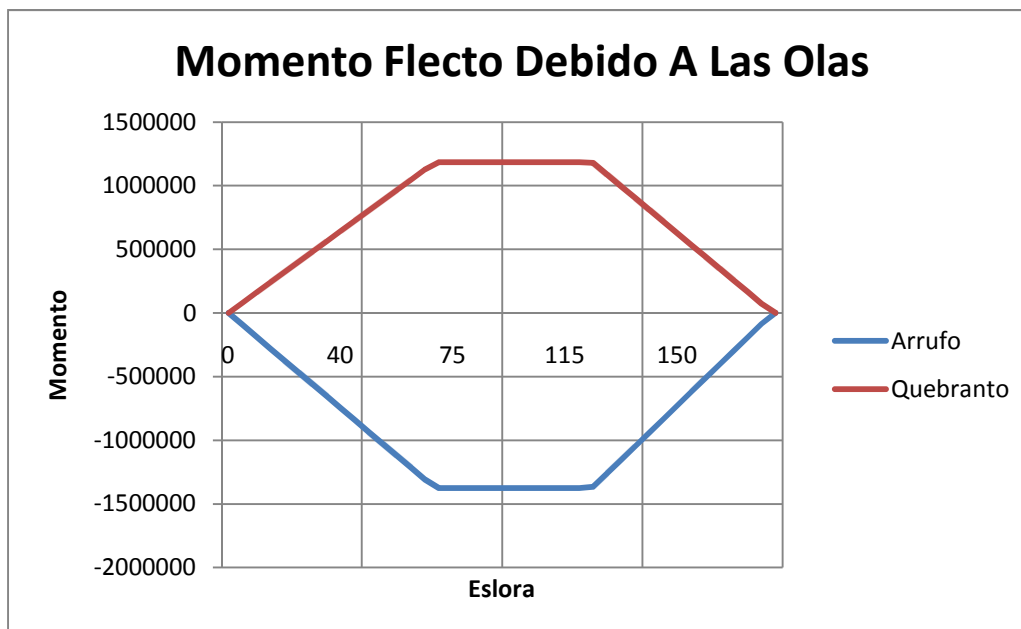
- Quebranto

$$M_{wo} = 1185884 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

C₂ determina la distribución longitudinal del momento flector, siguiendo la siguiente ley:

$$\left\{ \begin{array}{ll} \cdot & 0 \quad \text{para } L = 0 \\ \cdot & 1 \quad \text{para } 73,6 < L < 119,6 \\ \cdot & 0 \quad \text{para } L = 183,3 \end{array} \right.$$

Valores intermedios serán determinados mediante interpolación lineal. Obteniéndose la siguiente distribución a lo largo de la eslora del buque:



6.2 Momento flector en aguas tranquilas.

El momento flector en aguas tranquilas ha de ser tomado como sigue:

$$M_s = \sigma \cdot Z_{min} \cdot 10^3 - M_w$$

Siendo:

$$\sigma = \frac{175}{K_L} N/mm$$

$$Z_{min} = f_1 \cdot K_L \cdot C_1 \cdot L^2 \cdot B(C_b + 0,7) \cdot 10^{-6}$$

Arrufo:

$$M_s = 2187653 - 1375096 = 812557 \text{ kN}$$

Quebranto:

$$M_s = 1001769 \text{ kN}$$

La ley de variación que sigue ha de ser obtenida, en función de M_w , y la variación de σ viene dada por:

$$\sigma = \left(75 + 543 \cdot \frac{d}{184} - 699 \cdot \left(\frac{d}{184} \right)^2 \right) \cdot \frac{1}{K_L}$$

Siendo d la distancia medida desde proa, al punto en estudio.

6.3 Momento de inercia mínimo.

El valor del momento de inercia mínimo ha de ser al menos de:

$$I_{min} = \frac{3 \cdot L(|M_s + M_w|)}{K_L \cdot \sigma} \cdot 10^{-5}$$

$$I_{min} = 69 \text{ m}^4$$

Al tratarse de un buque portacontenedores con grandes aberturas en cubierta, es necesario realizar un estudio conjunto de las cargas producidas por flexión y por torsión del casco.

Las cargas de torsión se producen en el buque al estar sometido a cargas hidrodinámicas no simétricas inducidas por olas y por una asimetría en la carga del buque, las grandes aberturas de las escotillas de las bodegas en cubierta impiden una buena resistencia a la torsión.

6.4 Módulo mínimo

El valor mínimo para el módulo de flexión en la quilla o en la cubierta principal no ha de ser inferior a:

$$Z_{min} = f_1 \cdot k_L \cdot C_1 \cdot L^2 \cdot B \cdot (Cb + 0,7) \cdot 10^{-6}$$

Sustituyendo valores:

$$Z_{min} = 9,15 \text{ m}^3$$

El módulo mínimo requerido ha de ser capaz de soportar la suma de momentos flectores en aguas tranquilas y el momento flector en olas.

K_L : factor de resistencia a la tracción para aceros de alta resistencia, 1 para acero dulce.

6.5 Momento de inercia.

El momento de inercia total respecto de la línea base viene dado por la expresión siguiente:

$$I_{L.B} = \sum I + \sum A \cdot y^2$$

Siendo:

I: Momento de inercia de cada elemento estructural de la sección maestra.

A: Área de cada elemento.

y: Distancia del elemento a la línea base.

En el caso de la zona del pantoque, al tratarse de una geometría casi circular, los momentos de inercia de las planchas de esta zona se calcularán mediante las expresiones:

$$A = \frac{\pi}{2} \cdot t \cdot R$$

$$y = \left(1 - \frac{2}{\pi}\right) \cdot R$$

$$I = A \cdot R^2 \cdot \left(\frac{1}{2} - \frac{4}{\pi^2}\right)$$

Buque Portacontenedores 1750 TEU's

Elemento	H (cm)	Y (cm)	Área (cm ²)	YG (m)	ZG (m)	Peso (kg)	AZG (cm ³)	AYG (cm ³)	Inercia (cm ⁴)
----------	--------	--------	-------------------------	--------	--------	-----------	------------------------	------------------------	----------------------------

Cubierta

Plancha 1	1,2	150,0	180,0	13,2	16,8	0,1	3024,0	2376,0	270,0
Brazola escotilla	1,5	80,0	120,0	12,4	17,4	0,1	-	-	51,2
Perfiles de brazola 1	-	-	29,7	12,5	17,2	23,3	-	-	1164,0
Perfiles de brazola 2	-	-	29,7	12,5	17,0	23,3	-	-	1164,0
Perfil de cubierta resistente 1	-	-	29,7	12,8	16,7	23,3	-	-	1164,0
Perfil de cubierta resistente 2	-	-	23,7	13,4	16,7	20,1	-	-	942,0
Perfil de cubierta de pasillo 1	-	-	23,7	12,8	14,1	18,6	-	-	942,0
Perfil de cubierta de pasillo 2	-	-	23,7	13,4	14,1	18,6	-	-	942,0
Plancha 2	1,0	150,0	150,0	13,1	12,2	0,1	1830,0	1965,0	225,0

Fondo

Plancha 1	1,4	248,0	347,2	1,2	0,0	0,3	0,0	430,5	1423,6
Plancha 2	1,2	744,0	892,8	6,2	0,0	0,7	0,0	5556,8	32946,5
Perfil 1	-	-	77,4	0,9	0,3	60,8	-	-	12260,0
Perfil 2	-	-	77,4	1,6	0,3	60,8	-	-	12260,0
Perfil 3	-	-	77,4	3,3	0,3	60,8	-	-	12260,0
Perfil 4	-	-	77,4	4,1	0,3	60,8	-	-	12260,0
Perfil 5	-	-	77,4	5,8	0,3	60,8	-	-	12260,0
Perfil 6	-	-	77,4	6,6	0,3	60,8	-	-	12260,0
Perfil 7	-	-	77,4	8,3	0,3	60,8	-	-	12260,0

Buque Portacontenedores 1750 TEU's

Elemento	H (cm)	Y (cm)	Área (cm ²)	YG (m)	ZG (m)	Peso (kg)	AZG (cm ³)	AYG (cm ³)	Inercia (cm ⁴)
----------	--------	--------	-------------------------	--------	--------	-----------	------------------------	------------------------	----------------------------

Fondo

Perfil 8	-	-	77,4	9,1	0,3	60,8	-	-	12260,0
Perfil 9	-	-	77,4	10,8	0,3	60,8	-	-	12260,0
Perfil 10	-	-	77,4	11,5	0,3	60,8	-	-	12260,0
Vagra 1	180,0	1,5	270,0	2,5	0,9	0,2	243,0	669,1	0,04
Vagra 2	180,0	1,5	270,0	5,0	0,9	0,2	243,0	1338,1	0,04
Vagra 3	180,0	1,5	270,0	7,4	0,9	0,2	243,0	2007,2	0,04
Vagra 4	180,0	1,5	270,0	9,9	0,9	0,2	243,0	2676,2	0,04
Vagra 5	180,0	1,5	270,0	12,4	0,9	0,2	243,0	3345,3	0,04

Doble fondo

Plancha 1	1,4	1239,0	1734,6	6,2	1,8	1,4	3122,3	10737,2	177521,4
Perfil 1	-	-	77,4	0,9	0,3	60,8	-	-	12260,0
Perfil 2	-	-	77,4	1,6	0,3	60,8	-	-	12260,0
Perfil 3	-	-	77,4	3,3	0,3	60,8	-	-	12260,0
Perfil 4	-	-	77,4	4,1	0,3	60,8	-	-	12260,0
Perfil 5	-	-	77,4	5,8	0,3	60,8	-	-	12260,0
Perfil 6	-	-	77,4	6,6	0,3	60,8	-	-	12260,0
Perfil 7	-	-	77,4	8,3	0,3	60,8	-	-	12260,0
Perfil 8	-	-	77,4	9,1	0,3	60,8	-	-	12260,0
Perfil 9	-	-	77,4	10,8	0,3	60,8	-	-	12260,0

Buque Portacontenedores 1750 TEU's

Elemento	H (cm)	Y (cm)	Área (cm ²)	YG (m)	ZG (m)	Peso (kg)	AZG (cm ³)	AYG (cm ³)	Inercia (cm ⁴)
----------	--------	--------	-------------------------	--------	--------	-----------	------------------------	------------------------	----------------------------

Doble fondo

Perfil 10	-	-	77,4	11,5	0,3	60,8	-	-	12260,0
-----------	---	---	------	------	-----	------	---	---	---------

Costado

Traca de cinta	259,0	1,0	259,0	13,9	15,5	0,2	4017,1	3600,1	0,02
Plancha 1	880,0	1,0	880,0	13,9	11,5	0,7	10120,0	12232,0	0,1
Perfil 1	-	-	23,7	13,8	16,1	18,6	-	-	942,0
Perfil 2	-	-	23,7	13,8	15,4	18,6	-	-	942,0
Perfil 3	-	-	23,7	13,8	14,6	18,6	-	-	942,0
Perfil 4	-	-	23,7	13,8	13,9	18,6	-	-	942,0
Perfil 5	-	-	23,7	13,8	13,1	18,6	-	-	942,0
Perfil 6	-	-	23,7	13,8	12,4	18,6	-	-	942,0
Perfil 7	-	-	23,7	13,8	11,7	18,6	-	-	942,0
Perfil 8	-	-	23,7	13,8	10,9	18,6	-	-	942,0
Perfil 9	-	-	23,7	13,8	10,2	18,6	-	-	942,0
Perfil 10	-	-	23,7	13,8	8,6	18,6	-	-	942,0
Perfil 11	-	-	23,7	13,8	7,9	18,6	-	-	942,0
Perfil 12	-	-	23,7	13,8	7,1	18,6	-	-	942,0
Perfil 13	-	-	23,7	13,8	6,4	18,6	-	-	942,0
Perfil 14	-	-	23,7	13,8	5,7	18,6	-	-	942,0
Palmejar1	1,3	150,0	195,0	13,1	9,3	0,2	1813,5	2564,1	292,5
Palmejar 2	1,4	150,0	210,0	13,0	1,8	0,2	378,0	2730,0	315,0

Buque Portacontenedores 1750 TEU's

Elemento	H (cm)	Y (cm)	Área (cm ²)	YG (m)	ZG (m)	Peso (kg)	AZG (cm ³)	AYG (cm ³)	Inercia (cm ⁴)
----------	--------	--------	-------------------------	--------	--------	-----------	------------------------	------------------------	----------------------------

Doble casco

Plancha 1	1581,0	1,2	1897,2	12,4	9,3	1,5	17644,0	23525,3	0,2
Perfil 1	-	-	23,7	12,3	16,1	18,6	-	-	942,0
Perfil 2	-	-	23,7	12,3	15,4	18,6	-	-	942,0
Perfil 3	-	-	23,7	12,3	14,6	18,6	-	-	942,0
Perfil 4	-	-	23,7	12,3	13,9	18,6	-	-	942,0
Perfil 5	-	-	23,7	12,3	13,1	18,6	-	-	942,0
Perfil 6	-	-	23,7	12,3	12,4	18,6	-	-	942,0
Perfil 7	-	-	23,7	12,3	11,7	18,6	-	-	942,0
Perfil 8	-	-	23,7	12,3	10,9	18,6	-	-	942,0
Perfil 9	-	-	23,7	12,3	10,2	18,6	-	-	942,0
Perfil 10	-	-	23,7	12,3	8,6	18,6	-	-	942,0
Perfil 11	-	-	23,7	12,3	7,9	18,6	-	-	942,0
Perfil 12	-	-	23,7	12,3	7,1	18,6	-	-	942,0
Perfil 13	-	-	23,7	12,3	6,4	18,6	-	-	942,0
Perfil 14	-	-	23,7	12,3	5,7	18,6	-	-	942,0

Buque Portacontenedores 1750 TEU's

Elemento	H (cm)	Y (cm)	Área (cm ²)	YG (m)	ZG (m)	Peso (kg)	AZG (cm ³)	AYG (cm ³)	Inercia (cm ⁴)
----------	--------	--------	-------------------------	--------	--------	-----------	------------------------	------------------------	----------------------------

Pantoque

Plancha 1	337,0	1,1	370,7	13,8	3,4	0,3	1260,4	5115,7	0,03
Plancha 2	446,0	1,4	549,8	1,2	12,4	0,4	6817,3	659,7	0,1
Perfil 1	-	-	23,7	12,3	4,9	18,6	-	-	942,0
Perfil 2	-	-	23,7	12,3	4,2	18,6	-	-	942,0
Perfil 3	-	-	23,7	12,3	3,4	18,6	-	-	942,0
Perfil 4	-	-	23,7	12,3	2,7	18,6	-	-	942,0

Para obtener la posición relativa del eje neutro a la línea base, se emplea la expresión:

$$d = \frac{\sum A \cdot y}{\sum A}$$

Y finalmente, con la expresión ya indicada se obtiene el momento de inercia del cuerpo respecto al eje neutro. Obteniendo los siguientes resultados:

Inercia de la sección	Altura línea neutra (LN)	Inercia total respecto a LN
148,4 m ⁴	7,3 m	91,52 m ⁴

6.6 Modulo resistente.

El módulo resistente se obtiene dividiendo el momento de inercia entre la distancia respecto al eje neutro y el elemento a estudiar. Calculando los módulos resistentes en cubierta y en el fondo, para lo cual se emplea la expresión:

$$Z_B = \frac{I_{LN}}{d}$$

$$Z_D = \frac{I_{LN}}{D - d}$$

Obteniendo:

$$Z_B = 17,2 \text{ m}^3$$

$$Z_D = 10,5 \text{ m}^3$$

6.7 Esfuerzo cortante en olas.

La ley de esfuerzos cortantes máximos a la que puede estar sometida cualquier zona del buque viene determinada por la siguiente expresión:

$$Q_w = K_1 \cdot K_2 \cdot Q_{wo}$$

Siendo:

$$Q_{wo} = 0,3 \cdot C_1 \cdot L \cdot B \cdot (Cb + 0,7)$$

Para k_1 :

$$\frac{-1,72 \cdot Cb}{(Cb + 0,7)} \quad \text{para } 36,8 < L < 55,2$$

$$0,7 \quad \text{para } 73,6 < L < 110,4$$

$$1 \quad \text{para } 128,8 < L < 156,4$$

Valores intermedios han de ser interpolados linealmente

Y para k_2

$$-0,92 \quad \text{para } 36,8 < L < 55,2$$

$$-0,7 \quad \text{para } 73,6 < L < 110,4$$

$$\frac{-1,72 \cdot Cb}{(Cb + 0,7)} \quad \text{para } 128,8 < L < 156,4$$

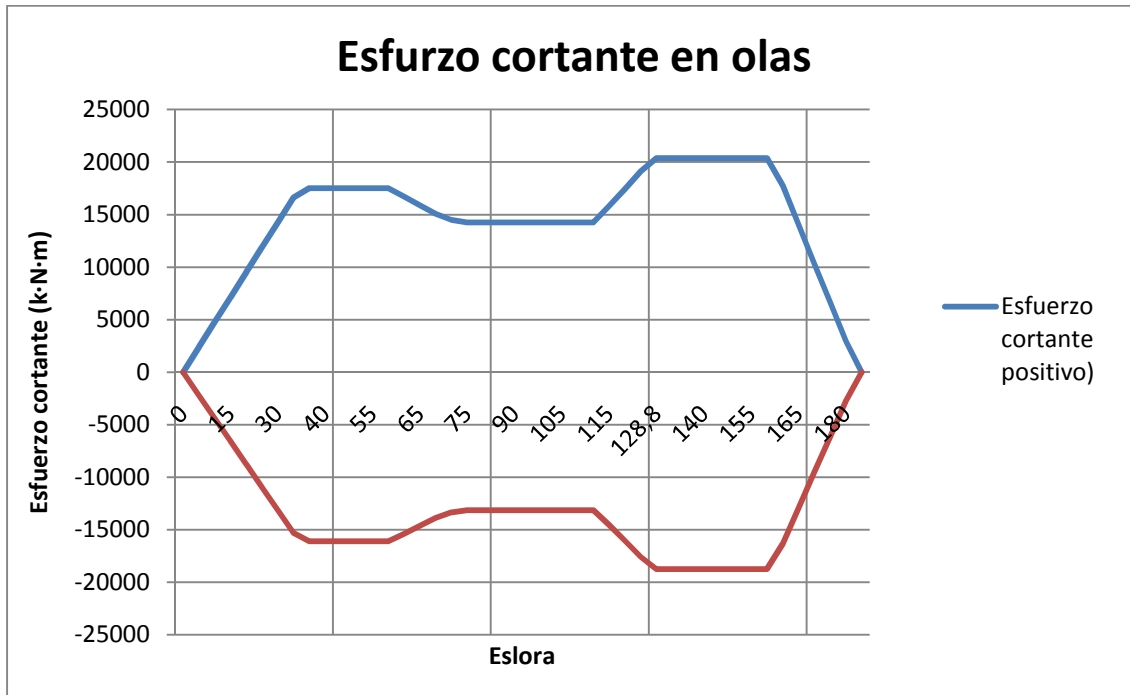
Para buques sin restricciones de navegación, el valor de k_2 es la unidad.

Obteniéndose un valor máximo para arrufo:

$$Q_w = -18751 \text{ kN}$$

Y para quebranto:

$$Q_w = 20381 \text{ kN}$$



6.8 Esfuerzo cortante en aguas tranquilas.

El esfuerzo cortante permitido en aguas tranquilas debe de ser tomado como el menor de los siguientes valores:

$$|Q_s| = \tau \cdot \frac{I \cdot \delta_i}{100 \cdot A \cdot z} - |Q_w|$$

Siendo:

- τ : esfuerzo cortante permitido, 110 N/mm²
 I : Momento de inercia de la sección considerada respecto al eje neutro.

$$\delta_i = \frac{t_i}{f_{i+m_i}}$$

- t_i : escantillonado de la plancha vertical de la sección considerada
 f_i : factor determinado en función del tipo de buque.
 m_i : factor determinado en función del tipo de buque.

Los valores para el buque en proyecto son:

$$f_i = 0,26$$

$$\delta_i = 35,9$$

Y el valor obtenido para el esfuerzo cortante resulta:

$$|Q_s| = 10899 \text{ kN}$$

7. Torsión.

La sociedad de clasificación, indica que el estudio de la torsión en portacontenedores debe de realizarse de cualquiera de los tres criterios siguientes:

$$\frac{b}{B} \geq 0,7 \quad \text{ó} \quad \frac{l_h}{l_{bh}} \geq 0,89 \quad \text{ó} \quad \frac{b}{B} \geq 0,6 \text{ y } \frac{l_h}{l_{bh}} \geq 0,7$$

Siendo:

- b: Manga doble casco
- B: Mango
- l_h : Eslora de bodegas de carga
- l_{bh} : Eslora entre bodega de carga y tanque central.

Para el caso de este proyecto, los valores son:

$$\frac{b}{B} \geq 0,89 \quad , \quad \frac{l_h}{l_{bh}} \geq 0,85$$

7.1 Momento torsor debido a causas hidrodinámicas.

El momento torsor en la sección maestra puede ser calculado mediante la siguiente expresión:

$$M_T = 9,81 \cdot e^{-0,00295 \cdot L} \cdot \frac{L \cdot B \cdot C_T}{10000} \cdot \left(1,75 + 1,5 \cdot \frac{\varepsilon}{D}\right)$$

Siendo:

$$C_T = 13,2 - 43,4 \cdot Cf + 78,9 \cdot Cf^2$$

$$C_T = 36,01$$

La distancia desde el centro de torsión a la línea base es estimada en un 50 % del puntal.

Siendo así el valor del momento torsor:

$$M_T = 202900 \text{ kN}$$

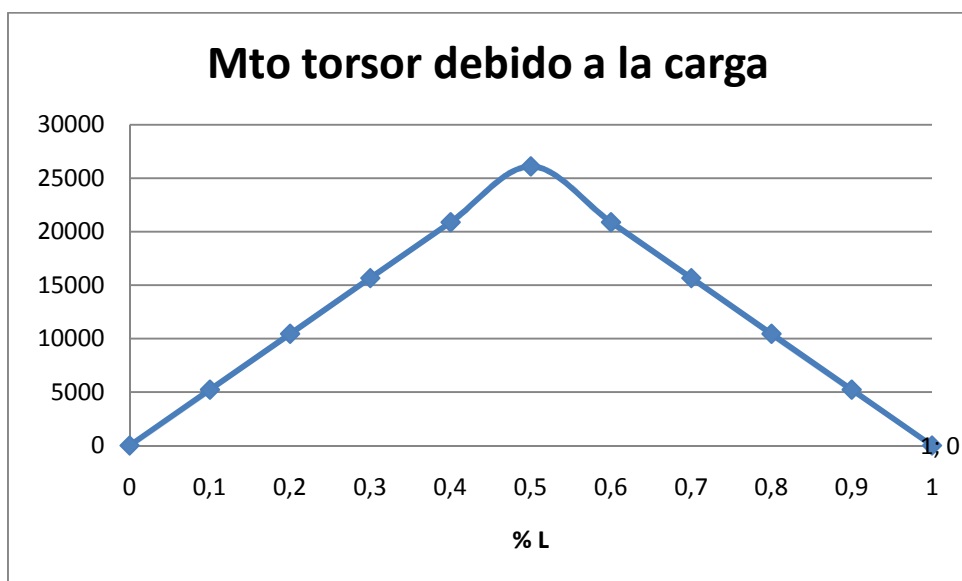
7.2 Momento torsor debido a la asimetría de la carga.

En los buques portacontenedores, el momento torsor debido a la asimetría de la carga, puede ser obtenido mediante:

$$M_{TC} = 15,7 \cdot C_4 \cdot B \cdot NBB \cdot NB$$

Obteniéndose a lo largo de la eslora:

% L	Momento (kN·m)
0	0
0,1	5219
0,2	10437
0,3	15656
0,4	20875
0,5	26093
0,6	20875
0,7	15656
0,8	10437
0,9	5219
1	0



8. Acrónimos

L_{FR}	Eslora Reglamentaria
NCHOB	Contenedores bajo cubierta en manga
NCHOD	Contenedores bajo cubierta en puntal
Bc	Manga de cada contenedor
s_1 :	El mismo valor que s siempre que no sea menor al menor de los siguientes valores: $s_1 = 470 + \frac{L}{0,6}$ <p style="text-align: center;">ó 700 mm</p>
L_1 :	Igual a L pero menor a 190 m.
Ddf	Altura doble fondo
Δ	Desplazamiento
F_D :	El factor de reducción del material no tomado menor a 0,67, en este caso 1.
K_L	1 para acero dulce.
k :	1 para acero dulce.
F :	el valor obtenido de $1,1 - \frac{s}{2500 \cdot S}$ <p>e inferior a 1</p>
H4:	Presión equivalente, distancia entre un tercio de la altura de la cubierta correspondiente a la cubierta principal incrementada en 0,91 m.
HT1:	$T + C_w$ Pero no mayor que $1,36 \cdot T$
C_w	$C_w = 7,71 \cdot 10^{-2} \cdot L \cdot e^{-0,0044 \cdot L}$
l_e :	Se fija en 2.
F_1 :	$F_1 = 0,25 \cdot \frac{60}{225 - 165 \cdot F_D}$
F_D :	Factor de reducción del material, cuyo valor no ha de ser inferior a 0,67.
h_{T2} :	Valor obtenido de $T + 0,5 \cdot C_w$ y no mayor que $1,2 \cdot T$.
h_{T3} :	el valor obtenido de $h_4 - 0,25 \cdot T$
F_{SB} :	es el factor de fatiga para longitudinales del fondo que se obtiene de: $F_{sb} = 0,5 \cdot \left(1 + \frac{1,1}{k} \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot b_{f1}}{b_f} \cdot (1 - k) \right) \right)$
K_1 :	factor que depende del número de cubiertas, para el buque en proyecto 9,3



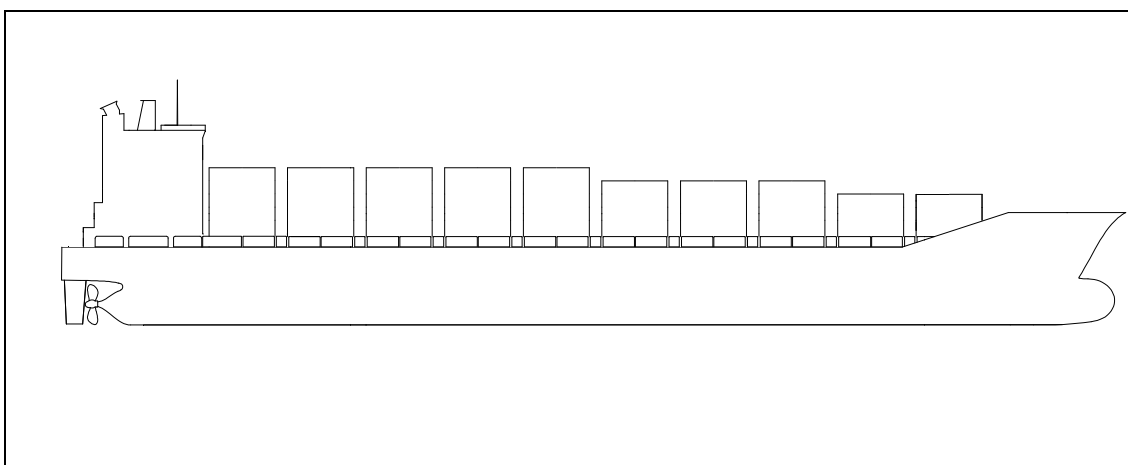
Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales

Universidad Politécnica de Madrid



Cuaderno 11

Cálculo de Pesos y de Centro de Gravedad



Portacontenedores 1750 TEUS

Proyecto Nº 012

Realizado por:

Ismael Fernández Gil

Especificaciones del proyecto

PROYECTO NÚMERO: CA5

TIPO DE BUQUE: Portacontenedores

CAPACIDAD DE CARGA: 1750 TEU's (120 refrigerados)

PESO MUERTO: 21000 TM

SOCIEDAD DE CLASIFICACIÓN: Lloyd's Register

REGLAMENTOS: Solas, Marpol, Convenio Líneas de carga

VELOCIDAD: 22 nudos al 85% MCR en pruebas

AUTONOMÍA: 12000 millas al 90% MCR y 15% de margen de mar

TRIPULACIÓN: 25 personas

Índice

1. Introducción.....	4
2. Peso de aceros.....	5
2.1 Peso del acero longitudinal.....	6
2.2 Peso del acero transversal.....	9
2.3 Peso del acero continuo.....	12
2.4 Peso mamparos transversales.....	13
2.5 Peso del piqué de proa y de popa.....	14
2.6 Peso de la cubierta de castillo.....	14
2.7 Peso de la amurada.....	15
2.8 Peso de tanques y plataformas en la cámara de máquinas.....	15
2.9 Peso de los refuerzos estructurales en la cámara de máquinas.....	15
2.10 Peso de la superestructura.....	16
2.11 Peso de la chimenea y el guardacalor.....	16
2.12 Margen de soldadura.....	16
3. Resumen de pesos de acero.....	17
4. Peso de la maquinaria.....	18
4.1 Peso del motor.....	18
4.2 Peso de la maquinaria propulsora.....	18
4.3 Peso restante de la maquinaria.....	19
4.4 Resumen de peso de la maquinaria.....	19
5. Peso del equipo y la habilitación.....	21
5.1 Equipo de amarre y fondeo.....	21
5.2 Equipo de gobierno.....	22
5.3 Equipo de comunicación y navegación.....	22
5.4 Equipo de salvamento.....	22
5.5 Equipo de contraincendios.....	23

5.6 Equipo de carga y descarga.....	23
5.7 Respetos.....	24
5.8 Peso de escaleras, puertas, portillos y ventanas.....	25
5.9 Peso de pintura.....	25
5.10 Peso de la protección catódica.....	25
5.11 Peso de la habilitación.....	26
6. Resumen de pesos del equipo y la habilitación.....	27
7. Resumen de pesos.....	28

1. Introducción.

En este cuaderno se presenta una estimación más precisa que la inicial de los pesos del buque en proyecto, así como su posicionamiento a bordo, tanto vertical como longitudinal. El conjunto de pesos en rosca se divide en:

- Peso de acero.
- Peso de la maquinaria.
- Peso del equipo y la habilitación.

El peso de acero estará dividido a su vez en el acero continuo (elementos estructurales) y en el peso de elementos no estructurales. Los primeros serán calculados siguiendo el método propuesto por la Sociedad de Clasificación basado en el método de Aldwinkle.

El peso de la maquinaria será calculado en la medida de lo posible siguiendo los datos ofrecidos por el fabricante, o bien recurriendo a las fórmulas dadas por D. Manuel Meizoso Fernández en el libro “Desplazamiento, cálculo iterativo del peso en rosca y peso muerto”.

Para el peso de los equipos se han seguido pautas similares además de buscar información a partir de los sistemas instalados en buques similares.

2. Peso de aceros.

Los elementos que serán incluidos en este peso son:

Fondos y doble fondo (incluidos pozos y sentinas), mamparos transversales, mamparos longitudinales, tanques estructurales, cubierta de pasillo y entrecubierta en la cámara de máquinas, bloque de popa y de proa, forro exterior, castillo, troncos de acceso, cajas de toma de mar, guardacalor y chimenea.

El peso del acero continuo está a su vez dividido por:

- Peso del material longitudinal continuo, donde son incluidos todos los elementos que contribuyen a la resistencia longitudinal.
- Peso del material transversal continuo, incluyendo ahora elementos transversales de carácter repetitivo y continuo en la eslora del buque.

2.1 Peso del acero longitudinal

Según el método de Akdwinckle, se habrá de calcular el peso del acero longitudinal continuo y de los elementos transversales en la cuaderna maestra que se repiten a lo largo de la eslora del buque, estos pesos se toman por unidad de longitud en eslora y son los que se encuentran por debajo de la cubierta principal.

Después basándose en las relaciones de perímetro y de áreas entre cada una de las 21 secciones y la sección maestra, equiespaciadas estas secciones a lo largo de la eslora del buque entre sus dos perpendiculares, se establece:

- Una relación entre el peso por unidad de longitud, de cada una de dichas secciones y el de la sección maestra, esta relación se basa en un exponente dependiente de la posición longitudinal de cada sección y del tipo de buque.
- Una relación entre las áreas de las diferentes secciones y la sección maestra y unos coeficientes diferentes.

Como se conoce la distribución de pesos a lo largo de la eslora, resulta muy sencillo calcular la posición longitudinal del centro de gravedad, para ello basta con integrar momentos con respecto a la perpendicular de proa y dividir por la masa total.

La abscisa del centro de gravedad será, por lo tanto, el momento estático respecto al eje de ordenadas del área definida por la curva.

Para el cálculo de la posición del centro de gravedad vertical, se admite la suposición de que la relación entre la altura del centro de gravedad del material continuo y la altura del centro de gravedad del perímetro de dicha sección se mantiene constante, cumpliéndose esto en todas las secciones excepto en la cámara de máquinas y los piques de proa y popa donde la posición del centro de gravedad del material continuo y la del perímetro coinciden.

Conociendo la altura del centro de gravedad de la cuaderna maestra, ($k_{gm}=5,366$ m), el peso de la misma (29,35 ton/m)

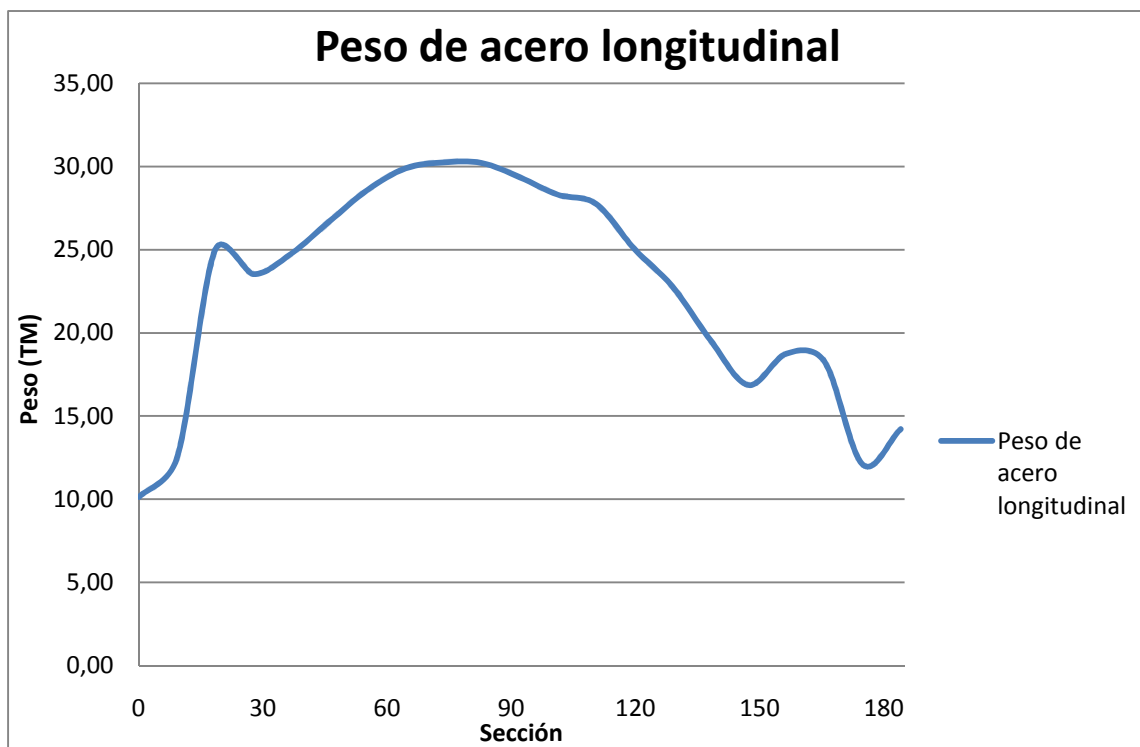
$$k_{gm} = Z_{gi} \cdot \frac{k_{gm}}{Z_{gm}}$$

La tabla que define la curva utilizada es la siguiente:

Buque Portacontenedores 1750 TEU's

Sección	X_{gi} (m)	Perímetro (m)	E_i	M	Pl_i	Área	Pm	PI	$PI \cdot X_{gi}$	Z_{gi}	kgm	k_{gi}	P·kgi
0	0,0	61,0	0,74	3,45	0,35			10,15	0,0	12,52		9,78	99,2
1	9,2	64,1	0,77	3,3	0,43			12,50	115,4	9,97		7,79	97,4
2	18,5	78,2	0,94	2,67	0,85			24,98	461,3	9,13		7,14	178,3
3	27,7	75,1	0,90	2,21	0,80			23,53	651,8	8,72		6,81	160,3
4	36,9	74,7	0,90	1,6	0,84			24,76	914,7	7,67		5,99	148,4
5	46,2	77,2	0,93	1,29	0,91			26,70	1232,8	7,92		6,19	165,3
6	55,4	80,9	0,97	1	0,97			28,60	1584,2	7,28		5,69	162,6
7	64,6	84,5	1,02	1	1,02			29,88	1931,5	6,95		5,43	162,2
8	73,9	85,6	1,03	1	1,03			30,25	2234,4	7,33		5,73	173,3
9	83,1	85,5	1,03	1	1,03			30,21	2510,5	7,07		5,52	166,9
10	92,3	83,0	1,00	1	1,00	6,0324	29,35	29,35	2710,0	6,86	5,36	5,36	157,3
11	101,6	80,1	0,96	1	0,96			28,30	2874,7	7,36		5,75	162,8
12	110,8	78,5	0,95	1	0,95			27,75	3075,1	6,84		5,34	148,3
13	120,0	76,4	0,92	1,91	0,85			25,06	3008,7	7,03		5,49	137,6
14	129,3	74,1	0,89	2,22	0,78			22,80	2947,7	7,50		5,86	133,6
15	138,5	71,8	0,87	2,8	0,67			19,58	2711,5	7,28		5,69	111,3
16	147,7	70,5	0,85	3,39	0,57			16,87	2492,0	8,09		6,32	106,6
17	157,0	72,6	0,87	3,33	0,64			18,76	2944,6	9,97		7,79	146,1
18	166,2	71,8	0,87	3,27	0,62			18,27	3036,7	11,11		8,68	158,6
19	175,4	64,2	0,77	3,44	0,41			12,09	2121,9	11,82		9,24	111,7
20	184,7	62,9	0,76	2,61	0,48			14,22	2626,5	12,04		9,41	133,8

Y la gráfica obtenida con los datos anteriores:



Curva que al ser integrada, permite obtener los datos buscados:

Peso material longitudinal	5589 TM
Zg	6,36 m
Xg	88,8 (medidos desde Pp)

2.2 Peso del acero transversal.

El procedimiento seguido para definir la curva de peso del material transversal y sus características es análogo al caso del material longitudinal continuo. Las ordenadas se obtienen mediante la expresión:

$$P_{ti} = E_i \cdot P$$

Siendo:

- P_{ti} : Ordenada adimensionalizada de la curva de sección “i”.
 E_i : Relación entre el área de la sección “i” con la de la cuaderna maestra.
 p : Exponente tabulado.

En cada sección el área considerada es la encerrada por el doble forro incluyendo el transversal de la brazola de la escotilla, pero sin el transversal en la amurada.

El valor que relaciona la curva real con la adimensionalizada es el peso por metro de material transversal de la maestra.

La altura del centro de gravedad del material transversal se obtiene partiendo de la siguiente hipótesis:

“En todas las secciones incluida la maestra, la relación entre la altura del centro de gravedad del material transversal continuo, k_{gi} y la del centro de gravedad del perímetro considerado Z_{gi} se mantiene constante”.

Conociendo la altura del centro de gravedad del material transversal en la cuaderna maestra se verifica que:

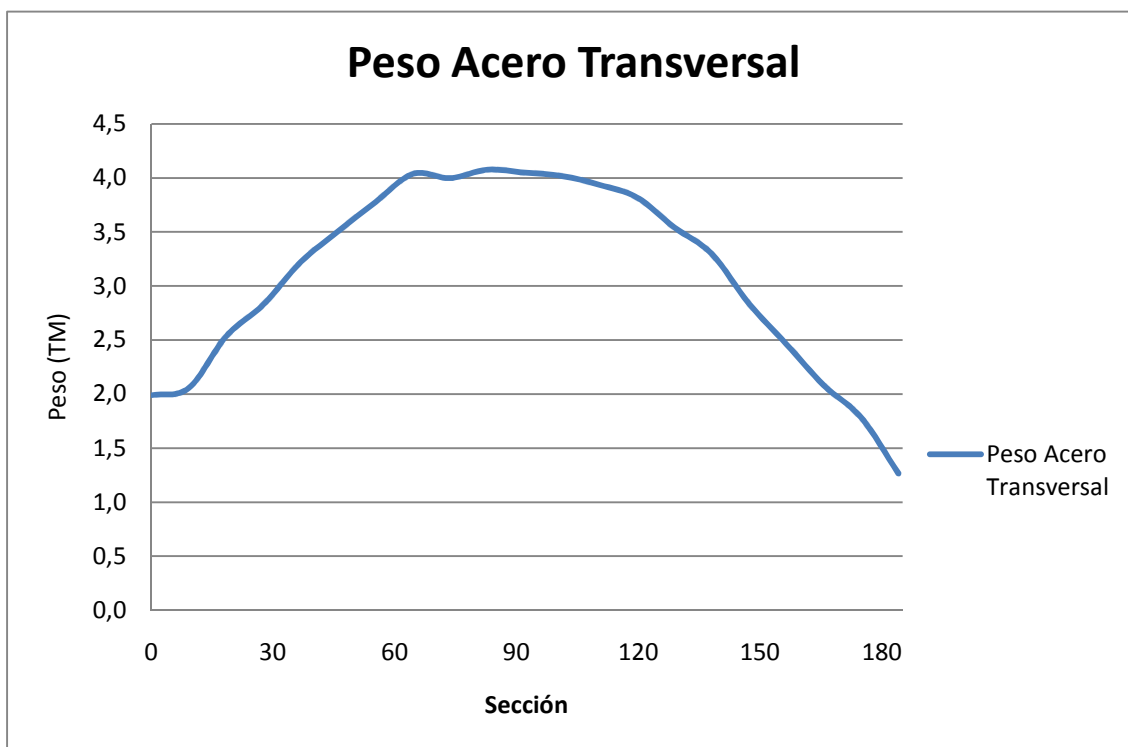
$$k_{gi} = Z_{gi} \cdot \frac{k_{gm}}{Z_{gm}}$$

Siendo el peso por metro de la sección maestra 4,05 T/m y el k_g 3,723 m.

Buque Portacontenedores 1750 TEU's

Sección	X _{gi} (m)	Area	Ei	p	Pti	P/m	P·X _{gi}	Zgi	k _{gi}	P·K _{gi}
0	0,0	25,1	0,2	0,5	0,5	2,0	0,0	12,0	8,2	16,4
1	9,2	36,7	0,4	0,7	0,5	2,1	19,0	10,3	7,0	14,4
2	18,5	56,8	0,5	0,8	0,6	2,5	46,8	8,3	5,7	14,4
3	27,7	68,9	0,7	0,9	0,7	2,8	78,4	7,5	5,1	14,5
4	36,9	81,5	0,8	0,9	0,8	3,2	119,0	7,0	4,8	15,4
5	46,2	89,7	0,9	1,0	0,9	3,5	161,9	6,5	4,4	15,5
6	55,4	96,8	0,9	1,0	0,9	3,8	209,2	5,9	4,0	15,3
7	64,6	103,5	1,0	1,0	1,0	4,0	261,0	5,8	4,0	16,0
8	73,9	102,5	1,0	1,0	1,0	4,0	295,4	5,7	3,9	15,7
9	83,1	104,5	1,0	1,0	1,0	4,1	338,8	5,7	3,9	15,8
10	92,3	103,8	1,0	1,0	1,0	4,1	374,0	5,4	3,7	15,1
11	101,6	103,0	1,0	1,0	1,0	4,0	408,2	5,7	3,9	15,8
12	110,8	100,9	1,0	1,0	1,0	3,9	436,2	6,3	4,3	16,9
13	120,0	97,9	0,9	1,0	0,9	3,8	458,5	6,8	4,6	17,7
14	129,3	90,8	0,9	1,0	0,9	3,5	458,0	6,9	4,7	16,7
15	138,5	84,3	0,8	1,0	0,8	3,3	456,9	7,3	5,0	16,6
16	147,7	71,2	0,7	0,9	0,7	2,8	419,2	8,0	5,5	15,5
17	157,0	58,8	0,6	0,9	0,6	2,5	386,6	8,4	5,7	14,1
18	166,2	44,1	0,4	0,8	0,5	2,1	345,8	8,6	5,9	12,2
19	175,4	29,5	0,3	0,7	0,4	1,8	312,9	8,8	6,0	10,7
20	184,7	10,1	0,1	0,5	0,3	1,3	233,6	7,2	4,9	6,3

Datos que generan la siguiente curva:

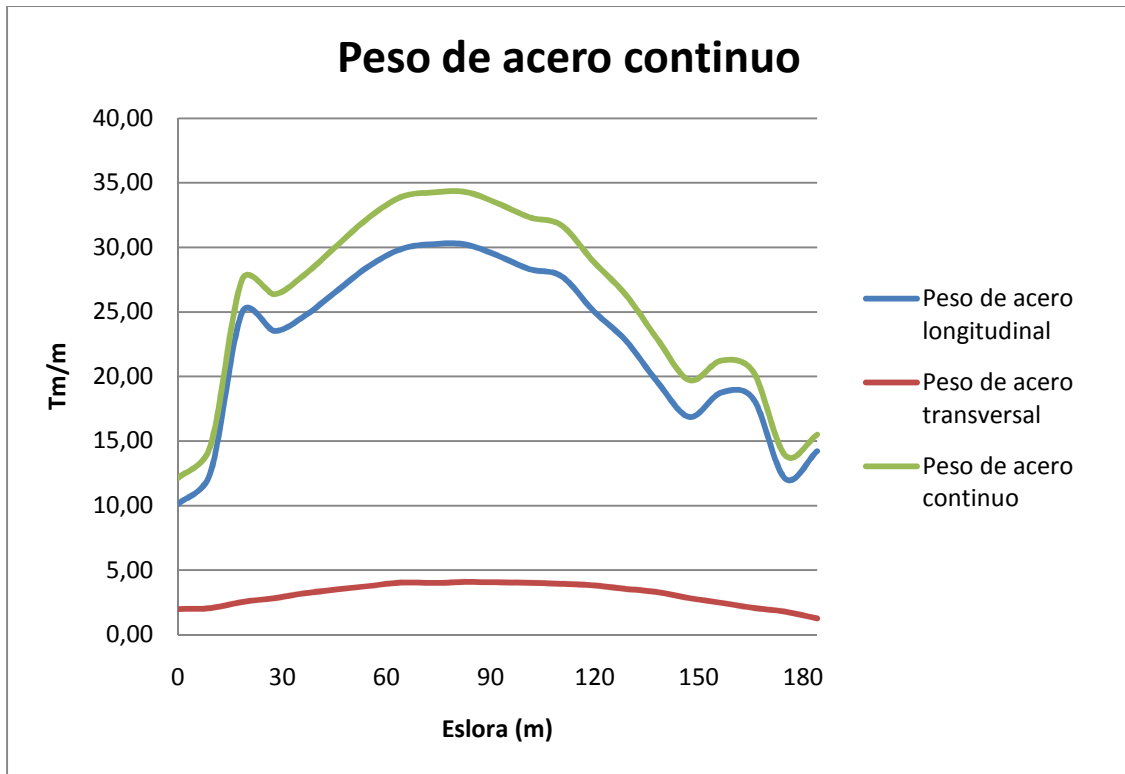


Integrando como en la curva del peso del acero longitudinal:

Peso material transversal	586,3 TM
Zg	4,77 m
Xg	89,4 (medidos desde Pp)

2.3 Peso del acero continuo.

Llevando a cabo la suma de los pesos continuos, resulta la siguiente curva, cuya distribución a lo largo de la eslora es:



2.4 Peso mamparos transversales.

El buque en proyecto dispone de diez bodegas. Cada una dispuesta con sus respectivos mamparos, delimitando estos a las mismas. Además, tanto los tanques del doble fondo y los de costado, están delimitados por mamparos, en todos los casos prolongaciones de los mamparos de las bodegas.

El peso y centro de gravedad de los mamparos se obtiene multiplicando el área de los mismos, por el espesor de cada uno por la densidad del acero empleado.

$$P = \rho \cdot t \cdot Area$$

ρ : 7850 kg/m³

La posición del centro de gravedad de cada mamparo se situará en la mitad vertical y horizontal del mamparo.

Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Mamparos transversales	Cuaderna	t (mm)	Xg (m)	P/m ²	A	P TM
Pique de popa	19	20	11,4	157	138	21,7
Cámara de máquinas	54	20	35,9	157	378	59,3
Popa bodega 10	57	15	38	118	312	36,7
Proa bodega 10	72	15	50,4	118	397	46,7
Popa bodega 9	75	15	52,5	118	324	38,2
Proa bodega 9	90	15	65	118	421	49,6
Popa bodega 8	93	15	67,1	118	373	43,9
Proa bodega 8	108	15	79,5	118	455	53,6
Popa bodega 7	111	15	81,6	118	387	45,6
Proa bodega 7	126	15	94,1	118	466	54,9
Popa bodega 6	129	15	96,2	118	387	45,6
Proa bodega 6	144	15	108,6	118	452	53,2
Popa bodega 5	147	15	110,7	118	349	41,1
Proa bodega 5	162	15	123,2	118	399	47,0
Popa bodega 4	165	15	125,3	118	311	36,6
Proa bodega 4	180	15	137,7	118	339	39,9
Popa bodega 3	183	15	139,8	118	228	26,8
Proa bodega 3	198	15	152,3	118	274	32,3
Popa bodega 2	201	15	154,4	118	148	17,4

Proa bodega 2	216	20	166,8	157	114	17,9
Popa bodega 1	219	15	169,8	118	42	4,9
Pique de proa	227	20	174,9	157	53	8,3

Siendo los resultados buscados:

Peso total mamparos	821,3 TM
Z _g	7,6 m
X _g	90,9 (medidos desde P _{Pp})

2.5 Peso del piqué de proa y de popa

Se emplea la fórmula propuesta por el L.R.S. siendo:

$$p_{\text{piqué}} = 0,071 \cdot V$$

V: Volumen piqué

Se considerará que el centro de gravedad del piqué está situado en el centro de gravedad del volumen.

	V(m ³)	P	X _g	KG
Piqué de popa	897	16,259	9,5	8,4
Piqué de proa	1275	35,358	183	5,8

2.6 Peso de la cubierta de castillo

Se obtiene mediante la fórmula dada por el L.R.S:

$$p_{\text{Castillo}} = 0,09 \cdot V_{\text{CPr}}$$

V_{CPr}: Volumen catillo de proa

Al igual que en el cálculo de la posición del centro de gravedad de los piqués, se considerará que el centro de gravedad del peso del castillo de proa, es coincidente con el centro de gravedad del volumen que alberga.

Peso castillo	59,1 (TM)
Xg	182 m
Zg	15,8

2.7 Peso de la amurada

Este peso se obtiene mediante el cálculo directo, empleando la siguiente fórmula:

$$p_{amurada} = 7,85 \cdot t \cdot A$$

A: Área amurada
t: Espesor de la plancha, 12 mm

Área	349 m ²
Peso	32,8 (TM)
Xg	87,3 (m)
Zg	15,5 (m)

2.8 Peso de tanques y plataformas en la cámara de máquinas.

Se estima a partir del buque base corrigiéndolo por la relación:

$$L_{CM} \cdot B \cdot H$$

Y los resultados obtenidos son:

Peso	59,7 (TM)
Xg	24,21 (m)
Zg	8,13 (m)

2.9 Peso de los refuerzos estructurales en la cámara de máquinas.

Se emplea la siguiente fórmula propuesta por L.R.S:

$$p = 0,0254 \cdot V$$

Volumen CCMM	6912 (m ³)
Peso	175,6 (TM)
Xg	23,8 (m)
Zg	8,18 (m)

2.10 Peso de la superestructura.

Para el cálculo del peso de la superestructura se emplea la siguiente fórmula:

$$p = 0,045 \cdot V$$

Y la posición del centro de gravedad del mismo se encontrará en el mismo punto que el centro de gravedad del volumen.

Volumen superestructura	6490,5
Peso superestructura	292,1
Xg	17,6
KG	24,9

2.11 Peso de chimenea y guardacalor.

El peso de la chimenea y guardacalor será obtenido multiplicando el área de los mismos por el espesor de la chapa que se emplee añadiendo además el peso que suponen los refuerzos, aproximadamente el 30 % del total.

Peso total	26,2 (TM)
Xg	7,9 m
Zg	25,8 m

2.12 Margen de soldadura.

Un valor común es tomar el 4 % del valor total de acero.

3. Resumen de pesos de acero.

	Peso (TM)	Xg (m)	KG (m)
Peso material longitudinal	5589,8	88,8	6,36
Peso material transversal	609,8	89,4	4,77
Peso mamaparos	854,2	90,9	7,6
Peso de piqué de proa	36,8	183	5,8
Peso del piqué de popa	16,9	9,5	8,4
Peso de la cubierta de castillo	61,5	182	15,8
Peso de la amurada	34,1	87,3	15,5
Peso de tanques y plataformas en CCMM	62,1	24,21	8,13
Peso de refuerzos estructurales en CCMM	182,6	23,8	8,18
Peso de la superestructura	303,8	17,6	24,9
Peso de chimenea y guardacalor	27,2	7,9	25,8
Total	7948,6	87,7	7,8

4. Peso de la maquinaria.

El peso de la maquinaria se calculara haciendo uso de las fórmulas descritas en el libro “Desplazamiento, cálculo iterativo del peso en rosca y peso muerto”. El método está basado en la descomposición del peso de la maquinaria entre el peso del motor, el peso de la maquinaria propulsiva y resto de maquinaria. Quedando:

$$p = p_{motor} + p_{maq\ prop} + p_{maq\ gnrl}$$

4.1 Peso del motor

El peso del motor viene dado por el fabricante, como ha sido expuesto en cuadernillos anteriores, el modelo instalado es un Wärtisilä Sulzer RT-96C, cuyo peso sin aceite es de:

Peso motor	1160 (TM)
Xg	22,7 m
Zg	6,18 m

4.2 Peso maquinaria propulsora.

Dentro de este apartado se incluyen los equipos necesarios para que el motor principal funcione, son los equipos pertenecientes a los siguientes sistemas:

- Sistema de combustible.
- Sistema de aceite.
- Sistema de aire comprimido
- Sistema de generación y distribución eléctrica.
- Sistema de lastre y sentinas.
- Sistema sanitario.
- Exhaustación, ventilación y extracción en cámara de máquinas.
- Pañoles y talleres en cámara de máquinas.

- Alumbrado
- Sistema de elevación de en cámara de máquinas.

Empleando para todos estos sistemas la fórmula dada por el L.R.S:

$$p_{maq\ prop} = k_1 \cdot BHP^{k_2}$$

Siendo:

k₁: 0,63

k₂: 0,7

Cuyo resultado es:

Peso maquinaria propulsiva	1168,77 (TM)
----------------------------	--------------

4.3 Peso restante de la maquinaria general.

La fórmula propuesta por la sociedad del buque es la siguiente:

$$p_{maq\ general} = k \cdot V + h \cdot EJ \cdot (j \cdot Lpp + 5)$$

k: 0,0295

V: Volumen de la cámara de máquinas

h: 1

EJ: Longitud de la línea de ejes fuera de la cámara de máquinas

Lpp: Eslora entre perpendiculares

j: 0,0164

Sustituyendo valores el peso de la maquinaria general resulta:

Peso maquinaria general	211,9 (TM)
-------------------------	------------

4.4 Resumen del peso de la maquinaria.

	Peso (TM)	Xg (m)	KG (m)
Motor	1160	22,7	6,18
Peso maquinara propulsora	1168,7	22,7	6,18

Peso maquinaria general	211,9	22,7	6,18
Total	2540,6	22,7	6,18

5. Peso del equipo y habilitación

El cálculo del peso del equipo se divide en varias partidas:

- Equipo de amarre y fondeo.
- Equipo de gobierno.
- Equipo de comunicaciones y navegación.
- Equipo de salvamento
- Equipo de contraincendios.
- Equipo de carga y descarga.
- Equipo de aprovisionamiento.
- Pintura y protección catódica.

Para el cálculo de pesos de estos equipos, se ha recurrido tanto a las fórmulas dadas por D. Manuel Meizoso y D. José Luis García Garcés, en su método de cálculo iterativo del peso en rosca.

5.1 Equipo de amarre y fondeo.

Incluye el peso de las anclas, cadenas, estachas, molinetes y bitas. La fórmula dada por el L.R.S para el equipo de proa es:

$$p = 0,002 \cdot DISW$$

Peso equipo de proa	64,2 TM
Xg	183,3 m
KG	18,6 m

Y para el equipo de popa es:

$$p = 0,0004 \cdot DISW$$

Peso equipo de popa	12,8 TM
---------------------	---------

Xg	0 m
KG	16,9 m

5.2 Equipo de gobierno.

Para esta partida, la fórmula propuesta es:

$$p = 0,0224 \cdot A \cdot V^{3/2} + 2$$

Siendo:

- A: Área del timón
V: Velocidad en pruebas del buque

Peso del equipo	65,7 TM
Xg	0 m
KG	8,5 m

5.3 Equipo de comunicación y navegación.

Se tomará nota de las recomendaciones dadas por D. Manuel Meizoso y D. José Luis García Garcés, según las cuales, el peso será de 2 TM y su posición en el buque coincidirá con el centro de gravedad del volumen encerrado por el puente de gobierno.

Peso del equipo	2 TM
Xg	18,8 m
KG	34,9 m

5.4 Equipo de salvamento.

Es estimado a partir de:

$$p = 9,5 + (n - 35) \cdot 0,1$$

- n: Número de personas a bordo o 35 si este es menor

Peso del equipo	9,5 TM
Xg	6 m
KG	21 m

5.6 Equipo de contraincendios.

Puesto que el buque lleva protección contra incendios en las bodegas y cámara de máquinas, la fórmula a emplear es:

$$p = 0,0025 \cdot VBM + 1$$

VBM: Volumen de la mayor de las bodegas

Peso del equipo	15,3 TM
Xg	23,8 m
KG	8,18 m

5.7 Equipo de carga y descarga.

Puesto que el buque no dispone de medios propios de carga y descarga, luego en esta partida, únicamente han de ser incluidos el peso de las guías, las tapas de escotilla y el peso de los elementos de trincado de contenedores.

Para las guías se emplea la expresión:

$$p = 0,25 \cdot NCHO$$

Resultando:

Peso del equipo	218,3 TM
Xg	99,3 m
KG	8,2 m

El peso de cada tapa de escotilla viene dado por su densidad superficial, considerando que su valor es de 0,2 Tm por metro cuadrado, como ya ha sido comentado en cuadernos anteriores, cada escotilla dispone de dos tapas, una para la banda de babor y otra para la de estribor. A continuación se muestra un desglose del peso de las tapas de cada bodega:

	Área (m ²)	Peso (Tm)	Xg (m)	KG (m)
Bodega 10	319	63,8	33,38	16,9
Bodega 9	319	63,8	47,9	16,9
Bodega 8	319	63,8	62,48	16,9
Bodega 7	319	63,8	77,06	16,9
Bodega 6	319	63,8	91,64	16,9
Bodega 5	319	63,8	106,22	16,9
Bodega 4	319	63,8	120,8	16,9
Bodega 3	319	63,8	135,38	16,9
Bodega 2	255	51	149,96	16,9
Bodega 1	65	13	161,38	16,9
Total	2872	574,4	91,9	16,9

Para los elementos de trincado de los contenedores, se tomará el mismo peso que para el buque base, realizando una corrección en el posicionamiento del mismo mediante una relación de esloras y puntales.

Peso de elementos de trincado de contenedores	21 Tm
Xg	93 m
KG	11,2 m

5.8 Peso de respetos.

Se obtendrá del buque base, y su posición será estimada mediante una relación de esloras y puntales.

Peso de respetos	20 Tm
Xg	67,5 m
KG	8,25 m

5.9 Peso de escaleras, puertas, portillos y ventanas.

Se obtendrá del buque base, y su posición será estimada mediante una relación de esloras y puntales.

Peso de respetos	33 Tm
Xg	94,5 m
KG	16,25 m

5.10 Peso de la pintura.

Para la estimación del peso de la pintura del buque, se empleará la siguiente expresión:

$$p = k \cdot p_{acero}$$

Siendo:

k: Constante que se obtiene mediante interpolación lineal

Peso de pintura	46 Tm
Xg	79,8 m
KG	8,6 m

5.11 Peso de la protección catódica.

Considerando que la protección del casco será realizada con ánodos de zinc, el peso que ha de estimarse viene dado por:

$$p = 0,0008 \cdot s_m$$

Resultando para un calado de 9,04 m, una s_m de 6505 m²:

Peso de la protección catódica	5,2 Tm
Xg	79,8 m
KG	4,6 m

5.12 Peso de la habitación.

Para esta partida puede ser empleada la expresión:

$$p = 0,16 \cdot A$$

Siendo:

A: Área total de alojamientos

Puesto que el área destinada al alojamiento es de 470 m². Resulta:

Peso de la habitación	361,2 Tm
Xg	17,7 m
KG	28,2 m

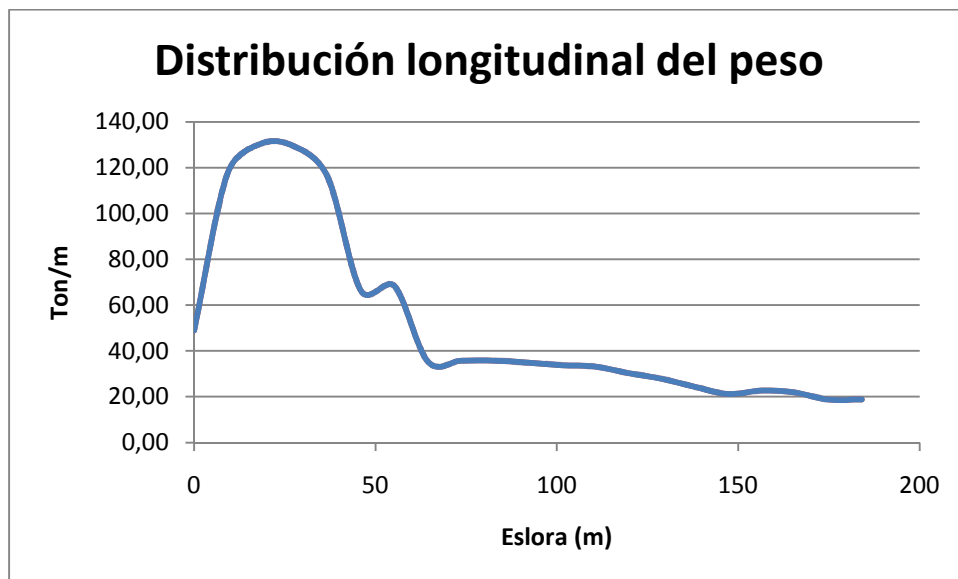
6. Resumen del peso del equipo y habilitación.

	Peso (Tm)	Xg (m)	Zg (m)
Equipo de fondeo y amarre de proa	64,2	183,3	18,6
Equipo de fondeo y amarre de popa	12,84	0	16,9
Equipo de gobierno	65,72	0	8,5
Equipo de comunicación	2	18,8	34,9
Peso del equipo de salvamento	9,5	6	21
Peso equipo C.I	15,3	23,8	8,1
Peso de las guías	218,5	99,3	8,2
Peso tapas de escotilla	638	107	16,9
Peso de elementos de trincado de contenedores	20	93	11,4
Peso de la pintura	46	79,8	8,6
Peso protección catódica	5,2	79,8	4,6
Peso habilitación	74,9	17,7	28,2
Total	1682,9	74,6	17,6

7. Resumen de pesos.

	Peso (Tm)	Xg (m)	KG (m)
Peso de acero	7948	87,7	7,8
Peso de maquinaria	2540,6	22,7	6,18
Peso de equipo y habilitación	1682,9	74,6	17,6
Total	10850,5	70,4	8,9

A la hora de obtener una distribución longitudinal del peso, este ha sido distribuido a lo largo de la eslora que ocupa. Como es en el caso del motor principal entre otros, el peso de este ha sido dividido a lo largo de la eslora que ocupa y repartido de forma uniforme a lo largo de esta. Otros elementos, con una menor ponderación en el peso final, han sido distribuidos a lo largo del espacio que ocupan, como es el caso del equipo de amarre y fondeo o el peso de la maquinaria general que se encuentra en la cámara de máquinas.



Haciendo una comparativa con los valores obtenidos en el primer cuaderno, el peso en rosca obtenido es un 3 % mayor que la estimación inicial. Puesto que se han realizado todos los desgloses, se considera más fiable este valor, que el obtenido en la estimación inicial.



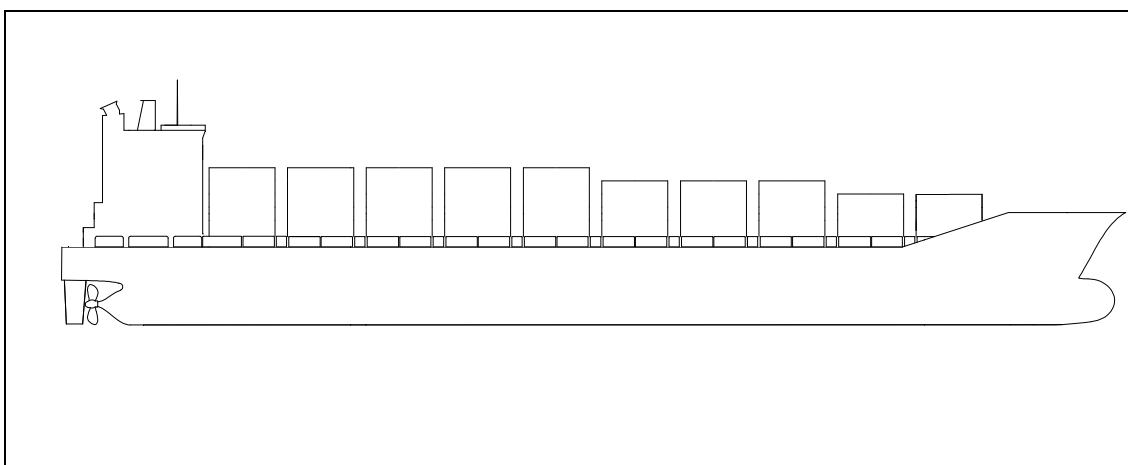
Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales

Universidad Politécnica de Madrid



Cuaderno 12

Situaciones de Carga y Resistencia Longitudinal



Portacontenedores 1750 TEUS

Proyecto Nº 012

Realizado por:

Ismael Fernández Gil

Especificaciones del proyecto

PROYECTO NÚMERO: CA5

TIPO DE BUQUE: Portacontenedores

CAPACIDAD DE CARGA: 1750 TEU's (120 refrigerados)

PESO MUERTO: 21000 TM

SOCIEDAD DE CLASIFICACIÓN: Lloyd's Register

REGLAMENTOS: Solas, Marpol, Convenio Líneas de carga

VELOCIDAD: 22 nudos al 85% MCR en pruebas

AUTONOMÍA: 12000 millas al 90% MCR y 15% de margen de mar

TRIPULACIÓN: 25 personas

1. Índice.

1. Introducción.....	3
2. Descripción de los estados de carga.....	4
3. Condiciones límite.....	6
4. Estabilidad.....	7
4.1 Criterios de estabilidad.....	7
4.2 Criterios meteorológicos.....	7
5. Comprobación de la resistencia longitudinal.....	9
6. Estabilidad después de averías.....	10
7. KG Limites.....	22
8. Resultados de estabilidad estática.....	23
8.1 Salida a plena carga.....	23
8.2 Llegada a plena carga.....	34
8.3 Salida en lastre.....	47
8.4 Llegada en lastre.....	60

2. Introducción.

Este cuaderno tiene como fin analizar y evaluar el desarrollo de la alternativa escogida, determinando si el buque cumple con todos los criterios de carga y resistencia longitudinal.

Para poder llevar a cabo tal evaluación, se considerarán unos criterios que garanticen la seguridad operacional del buque, reduciendo al mínimo los riesgos para este, la tripulación y el medio ambiente. Han de ser tenidos en cuenta la distribución de pesos a lo largo de la eslora, tanto del peso en rosca, el peso muerto y las diversas situaciones de estabilidad que pueden dar lugar los distintos llenados de los tanques de lastre.

Los requisitos a cumplir se clasifican en dos grupos:

- Requisitos de estabilidad intacta. (Resolución A 749 de la OMI)
- Requisitos de estabilidad después de averías. (Convenio SOLAS, Capítulo II-1)

Este último análisis ha de ser llevado a cabo mediante métodos probabilísticos. Midiendo la seguridad de un buque después de haber sufrido un abordaje mediante la probabilidad de que este conserve su flotabilidad.

Finalmente se llevará a cabo un estudio de la compatibilidad de las situaciones de carga con la resistencia estructural del buque viga analizada en cuaderno 10.

3. Descripción de los estados de carga.

A lo largo de la vida del buque, este se verá sometido a infinidad de estados de carga, puesto que no es posible analizarlos todos, se analizará la estructura sometida a unas situaciones de carga tipo, que dependerán de una serie de factores como los pesos, definiciones de tanques y geometría de la carena. (Ver análisis incorporados en anexo)

Las condiciones de carga analizadas serán aquellas que se consideren más relevantes o bien las exigidas por la administración, coincidiendo estas con las situaciones más exigentes a las que se verá sometido el buque en su explotación.

Las situaciones en estudio son:

- Buque en situación de salida de puerto a plena carga, distribuida homogéneamente en todos los espacios de carga y con todos los consumos.
- Buque en situación de llegada a puerto a plena carga, distribuida homogéneamente en todos los espacios de carga y con los consumos al 10%.
- Buque en situación de salida con el 70% de la carga, distribuida homogéneamente en todos los espacios de carga y con todos los consumos. A priori esta es la situación más desfavorable en cuanto a la estabilidad se refiere debido a la elevación del centro de gravedad. Aún así se comprobará que el buque cumple con los criterios de estabilidad sin la necesidad de lastrar los espacios destinados a tal efecto.
- Buque en situación de llegada con el 70% de la carga, distribuida homogéneamente en todos los espacios de carga y con los consumos al 10%.
- Buque en situación de salida en lastre, con todos los consumos. Se habrá de contemplar, además de los criterios de estabilidad que tanto con todos los consumos como sin ellos el buque navegue con los calados.
- Buque en situación de llegada en lastre, con los consumos al 10%.

a. Pesos invariantes.

En todas las situaciones de carga se consideran un conjunto de pesos fijos, que ya han sido analizados en apartados anteriores, siendo sus valores:

	Peso (Tm)	Xg (m)	KG (m)
Peso en rosca	10852,2	70,4	9,8
Tripulación	3,1	19,5	16,9
Cargos y pertrechos	25	19,5	16,9
Elementos de estiba	20	93	11,4
Víveres (100%)	25	19,5	16,9
Víveres (10%)	2,5	19,5	16,9

b. Consumos.

Tal y como ha sido expuesto, se consideran dos situaciones de consumos, la primera de ellas, a la salida del puerto, disponiendo de todos sus consumos, y la segunda, a la llegada a puerto, con los consumos al 10%, de su estado inicial.

3. Condiciones límite.

Todas las situaciones de carga han de cumplir una serie de limitaciones, tal y como sigue:

- Calado máximo (Calado francobordo de verano).
- Calado mínimo a popa que asegure una inmersión de la hélice para que trabaje en buenas condiciones. Este calado mínimo ha de ser de 7200 mm como puede verse en la imagen.

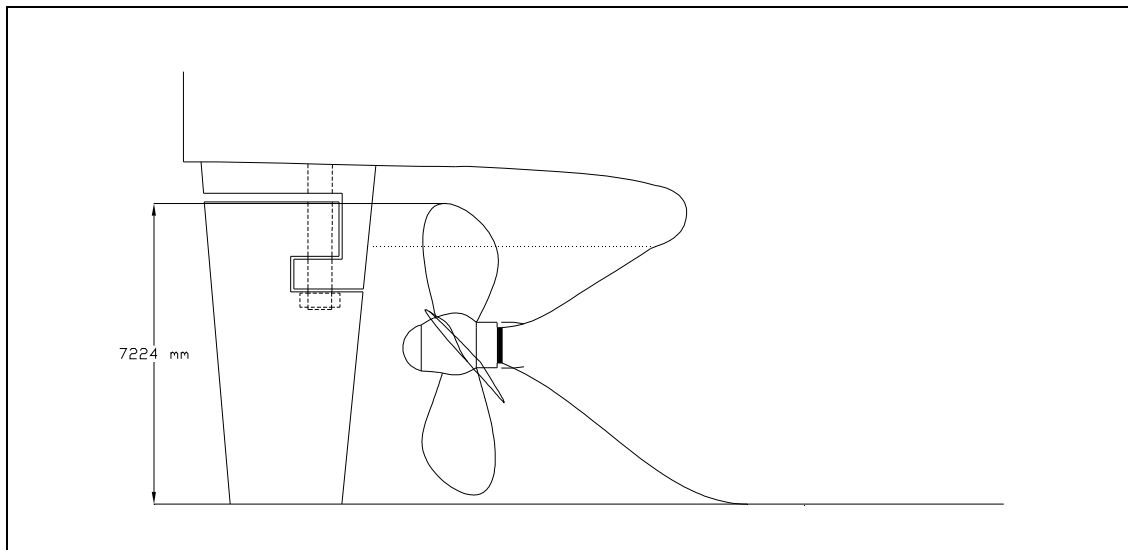


Figura 1

- El calado a proa ha de permitir una correcta inmersión del bulbo y que así este pueda resultar efectivo. Se considera suficiente una inmersión del 70 % de la altura total del bulbo, por ello ha de tener un valor mínimo de 6090 mm.
- El lastrado del buque se realiza de forma que cumpla con las exigencias, y en los siguientes apartados se comprueba la estabilidad y las limitaciones de resistencia longitudinal.
- El trimado máximo no podrá ser superior al 1,5% de la eslora entre perpendiculares, resultando un trimado máximo de 2760 mm

4. Estabilidad

Las condiciones de carga que serán tomadas en consideración a la hora de llevar a cabo los estudios, serán consideradas como las más adversas a las que se verá sometido el buque. Para cumplir con los requisitos mínimos antes especificados, se han de llevar a cabo combinaciones de lastrado entre los distintos tanques.

Con los resultados definitivos se han realizado los cálculos de estabilidad estática y dinámica del buque.

4.1 Criterios de estabilidad.

El buque en proyecto ha de cumplir con los criterios de estabilidad establecidos por la OMI. Los cuales son:

- El área por debajo de la curva GZ hasta 30° no será inferior a 0,055 m·rad.
- El área por debajo de la curva GZ hasta 40° no será inferior a 0,09 m·rad.
- El área por la curva comprendida entre 30° y 40° no será inferior a 0,03 m·rad.
- La altura metacéntrica inicial, GM, corregida por una superficie libre medida a un ángulo de 0° no será menor de 0,150 m.

Los criterios de estabilidad anteriores fijan valores mínimos, pero no se recomiendan valores máximos. Es aconsejable evitar alturas metacéntricas excesivas, ya que estas posiblemente ocasionen fuerzas debidas a la aceleración, que podrían ser perjudiciales para el buque, la dotación, y el transporte seguro de la carga.

4.2 Criterios meteorológicos.

Además, al tratarse de un buque de carga de más de 24 m de eslora, debemos comprobar el criterio de viento, según el cual, se debe demostrar la capacidad del buque para resistir los efectos combinados del viento de través y del balance respecto de cada condición de carga. Para ello:

- Se someterá al buque a la presión de un viento de través constante que actúe perpendicularmente a su eje longitudinal, dando como resultado un brazo

escorante l_{w1} , y un ángulo de equilibrio con escora permanente, θ_0 , cuyo valor recomendado es que sea inferior a 16° o al 80% del ángulo de inmersión de la cubierta.

- Se supondrá que a partir del ángulo de equilibrio resultante, θ_0 , el buque se balanceará por la acción de las olas hasta alcanzar un ángulo de balance θ_1 a barlovento.
- A continuación se someterá al buque a la presión de una ráfaga de viento que dará como resultado el correspondiente brazo escorante l_{w2} .
- Sometiendo al buque a estas circunstancias meteorológicas, se establecerán unos parámetros en la curva GZ, medidos mediante áreas. Estas áreas han de tener unos valores mínimos, según se puede observar en las tablas incluidas en el anexo.

Los brazos escorantes, l_{w1} y l_{w2} no dependen del ángulo de escora, su valor viene determinado por:

$$l_{w1} = \frac{P \cdot A \cdot Z}{1000 \cdot g \cdot \Delta}$$

Y

$$l_{w2} = 1,5 \cdot l_{w1}$$

5. Comprobación de la resistencia longitudinal.

En los análisis realizados, además de comprobar los criterios de estabilidad, se lleva a cabo un estudio de los momentos flectores y de los esfuerzos cortantes en las distintas condiciones de carga. Los valores obtenidos son comparados con los máximos permitidos por la sociedad de clasificación, que junto con el estudio realizado en el cuaderno 10 permite corroborar la suficiencia de la resistencia longitudinal del buque.

Condición de carga	ARRUFO		QUEBRANTO	
	M (kN·m)	T (kN)	M (kN·m)	T (kN)
Salida Homogénea	72712	2284	185	1561
Llegada Homogénea	252850	4897	0	5322
Salida 70% Cargado	265859	5469	0	5151
Llegada 70% Cargado	265698	5152	0	4388
Salida Lastre	150831	4495	37604	5621
Llegada Lastre	133361	4999	35182	5007
Reglamento Lloyd's	812557	18751	1001769	20381

6. Estabilidad después de averías.

Por tratarse de un buque con una eslora superior a 100 m, le es aplicable la reglamentación SOLAS, capítulo II, parte B-1 “Compartimentado y estabilidad con averías de los buques de carga”.

El cálculo está basado en un método probabilístico en el que se considera que la probabilidad de que un buque conserve la flotabilidad después de un abordaje, es una forma de medir el grado de seguridad del buque en condición de avería.

Dicho grado de seguridad se hace corresponder con un valor numérico “A”, denominado “Índice de compartimentado”, de tal forma que se pueda considerar que dos buques diferentes, que tengan el mismo índice “A” tienen el mismo grado de seguridad. Dicho índice de compartimentado se define de la siguiente manera:

$$A = 0,4 \cdot A_S + 0,4 \cdot A_P + 0,2 \cdot A_T$$

Siendo A_S, A_P, A_T , los índices parciales definidos por la fórmula

$$A = \sum p_i \cdot s_i$$

Representando p_i la probabilidad de que sólo se inunde el compartimento o el grupo de compartimentos considerados, sin atender al compartimentado horizontal y s_i representa la probabilidad de que el buque conserve la flotabilidad después de que haya inundado el compartimento o el grupo de compartimentos considerado, teniendo en cuenta efectos del compartimentado horizontal.

El factor p_i para un compartimento se calcula, si la avería afecta a una única zona:

$$p_i = p \cdot (x_{1j}, x_{2j}) \cdot [r \cdot (x_{1j}, x_{2j}, b_k) - r(x_{1j}, x_{2j}, b_{k-1})]$$

O si afecta a varios compartimentos:

$$\begin{aligned} p_i = & p \cdot (x_{1j}, x_{2j+1}) \cdot [r \cdot (x_{1j}, x_{2j+1}, b_k) - r(x_{1j}, x_{2j+1}, b_{k-1})] - p \cdot (x_{1j}, x_{2j}) \\ & \cdot [r \cdot (x_{1j}, x_{2j+1}, b_k) - r(x_{1j}, x_{2j+1}, b_{k-1})] - p \cdot (x_{1j}, x_{2j+1}) \\ & \cdot [r \cdot (x_{1j+1}, x_{2j+1}, b_k) - r(x_{1j+1}, x_{2j+1}, b_{k-1})] \end{aligned}$$

Siendo j el número de zonas de avería en el extremo de popa afectadas por la avería comenzando por el número 1 en popa, n es el número de zonas de averías adyacentes afectadas por la avería, k es el número de un mamparo longitudinal particular que forma barrera para la penetración transversal en una zona de averías, contando desde el costado hacia el interior del buque, siendo en el costado de valor 0, x_1 es la distancia medida desde el extremo popel de L_s hasta el límite popel de la zona en cuestión, en m, x_2 es la distancia medida desde el extremo popel de L_s hasta el límite proel de la zona en cuestión, en m, y b es la medida transversal medida en metros, medida perpendicularmente al plano diametral en la línea de máxima carga de compartimentado entre el forro exterior y un plano vertical supuesto que se extienda entre los límites longitudinales utilizados en el cálculo del factor p_i y que sea tangente o común a toda o parte de la cara más exterior del mamparo longitudinal considerado

El factor p_i está afectado de las siguientes consideraciones:

Cuando el compartimentado considerado se extiende a lo largo de toda la eslora del buque:

$$p_i = 1$$

Cuando el límite de popa del compartimentado considerado coincide con el extremo de popa:

$$p_i = F + 0,5ap + q$$

Cuando el límite de popa del compartimentado considerado coincide con el extremo de popa:

$$p_i = 1 - F + 0,5ap$$

Cuando los dos extremos considerados queden dentro de los extremos de popa y proa de la eslora del buque L_s .

$$p_i = ap$$

Si el compartimento considerado se extiende a ambos lados del punto medio de la eslora, los valores obtenidos de dichas fórmulas se reducirán en una cantidad que se

determinará mediante la fórmula de q , en la que F_2 se calcula dando a y el valor de j'/j_{\max} .

Si el buque tiene compartimentos laterales, el valor de p_i para uno de estos compartimentos se obtiene multiplicando el valor determinado anteriormente por el factor de reducción r , que representa la probabilidad de que no se inunden los espacios situados hasta crujía.

$$r = \frac{b}{B} \left(2,3 + \frac{0,08}{0,02 + j} \right) + 0,01$$

El grado de seguridad de un buque se considerará suficiente de acuerdo con la nueva legislación cuando el valor del índice A del buque sea igual o superior a un valor mínimo estándar R , conocido como “Índice de subdivisión requerido”, que sólo depende de la eslora de subdivisión del buque y que ha sido establecido de forma genérica en base a diversos análisis estadísticos, que tienen en cuenta casos reales de abordajes, características de los buques que están navegando en la actualidad, etc.

Este índice de subdivisión se obtiene de:

$$R = (0,02 + 0,0009 \cdot L_s)^{1/3}$$

Resultando:

$$R = 0,5769$$

Buque Portacontenedores 1750 TEU's

Nombre zona	x1	x2	h	E1	E2	E	J	J'	a	F	γ	p	q	pi
Peak popa	14,4	0,0	1,8	0,075	0,000	-0,925	-0,075	-1,000	0,460	0,016	-0,314	0,109	-0,011	0,00905
DF 1 Sbds	17,1	14,4	1,8	0,089	0,075	-0,835	-0,014	-0,849	0,532	0,038	-0,058	0,003	0,000	0,00054
DF 2 Sbds	19,1	17,1	1,8	0,100	0,089	-0,811	-0,011	-0,821	0,552	0,045	-0,045	0,002	0,000	0,00035
DF 3 Sbds	35,4	19,1	1,8	0,185	0,100	-0,715	-0,085	-0,800	0,628	0,073	-0,355	0,141	-0,016	0,00265
DF 4 Sbds	39,6	35,4	1,8	0,207	0,185	-0,608	-0,022	-0,629	0,714	0,109	-0,091	0,009	0,000	0,00184
DF 5 Sbds	54,2	39,6	1,8	0,283	0,207	-0,509	-0,076	-0,586	0,793	0,146	-0,318	0,112	-0,012	0,00265
DF 6 Sbds	68,8	54,2	1,8	0,360	0,283	-0,357	-0,076	-0,433	0,915	0,211	-0,319	0,112	-0,012	0,00308
DF 7 Sbds	83,4	68,8	1,8	0,436	0,360	-0,204	-0,076	-0,280	1,037	0,286	-0,319	0,112	-0,012	0,00349
DF 8 Sbds	97,8	83,4	1,8	0,512	0,436	-0,052	-0,075	-0,127	1,158	0,369	-0,314	0,109	-0,011	0,00379
DF 9 Sbds	112,3	97,8	1,8	0,588	0,512	0,099	-0,076	-0,175	1,200	0,460	-0,316	0,110	-0,011	0,00398
DF 10 Sbds	126,9	112,3	1,8	0,664	0,588	0,252	-0,076	-0,328	1,200	0,551	-0,318	0,112	-0,012	0,00403
DF 11 Sbds	141,4	126,9	1,8	0,740	0,664	0,404	-0,076	-0,480	1,200	0,642	-0,316	0,110	-0,011	0,00398
DF 12 Sbds	158,2	141,4	1,8	0,828	0,740	0,568	-0,088	-0,656	1,200	0,741	-0,366	0,151	-0,018	0,00542
Deep tk	170,5	158,2	1,8	0,892	0,828	0,720	-0,064	-0,784	1,200	0,832	-0,268	0,078	-0,007	0,00282
Cofferdam	178,9	170,5	1,8	0,936	0,892	0,828	-0,044	-0,872	1,200	0,897	-0,183	0,036	-0,002	0,00373

Nombre zona	x1	x2	h	E1	E2	E	J	J'	a	F	γ	p	q	Pi
DF 1 Ps	17,1	0,0	1,8	0,089	0,000	-0,911	-0,089	-1,000	0,471	0,019	-0,372	0,155	-0,019	0,00220
DF 2 Ps	19,1	17,1	1,8	0,100	0,089	-0,811	-0,011	-0,821	0,552	0,045	-0,045	0,002	0,000	0,00035
DF 3 Ps	35,4	19,1	1,8	0,185	0,100	-0,715	-0,085	-0,800	0,628	0,073	-0,355	0,141	-0,016	0,00265
DF 4 Ps	39,6	35,4	1,8	0,207	0,185	-0,608	-0,022	-0,629	0,714	0,109	-0,091	0,009	0,000	0,00184
DF 5 Ps	54,2	39,6	1,8	0,283	0,207	-0,509	-0,076	-0,586	0,793	0,146	-0,318	0,112	-0,012	0,00265
DF 6 Ps	68,8	54,2	1,8	0,360	0,283	-0,357	-0,076	-0,433	0,915	0,211	-0,319	0,112	-0,012	0,00308
DF 7 Ps	83,4	68,8	1,8	0,436	0,360	-0,204	-0,076	-0,280	1,037	0,286	-0,319	0,112	-0,012	0,00349

Buque Portacontenedores 1750 TEU's

DF 8 Ps	97,8	83,4	1,8	0,512	0,436	-0,052	-0,075	-0,127	1,158	0,369	-0,314	0,109	-0,011	0,00379
DF 9 Ps	112,3	97,8	1,8	0,588	0,512	0,099	-0,076	-0,175	1,200	0,460	-0,316	0,110	-0,011	0,00398
DF 10 Ps	126,9	112,3	1,8	0,664	0,588	0,252	-0,076	-0,328	1,200	0,551	-0,318	0,112	-0,012	0,00403
DF 11 Ps	141,4	126,9	1,8	0,740	0,664	0,404	-0,076	-0,480	1,200	0,642	-0,316	0,110	-0,011	0,00398
DF 12 Ps	158,2	141,4	1,8	0,828	0,740	0,568	-0,088	-0,656	1,200	0,741	-0,366	0,151	-0,018	0,00542

Nombre zona	x1	x2	h	E1	E2	E	J	J'	a	F	γ	p	q	Pi
Tk lateralPtS 9	54,2	39,6	14,2	0,283	0,207	-0,509	-0,076	-0,586	0,793	0,146	-0,318	0,112	-0,012	0,02694
Tk lateral PtS 8	68,8	54,2	14,2	0,360	0,283	-0,357	-0,076	-0,433	0,915	0,211	-0,319	0,112	-0,012	0,02520
Tk lateral PtS 7	83,4	68,8	14,2	0,436	0,360	-0,204	-0,076	-0,280	1,037	0,286	-0,319	0,112	-0,012	0,02316
Tk lateral PtS 6	97,8	83,4	14,2	0,512	0,436	-0,052	-0,075	-0,127	1,158	0,369	-0,314	0,109	-0,011	0,02081
Tk lateral PtS 5	112,3	97,8	14,2	0,588	0,512	0,099	-0,076	-0,175	1,200	0,460	-0,316	0,110	-0,011	0,01820
Tk lateral PtS 4	126,9	112,3	14,2	0,664	0,588	0,252	-0,076	-0,328	1,200	0,551	-0,318	0,112	-0,012	0,01549
Tk lateral PtS 3	141,4	126,9	14,2	0,740	0,664	0,404	-0,076	-0,480	1,200	0,642	-0,316	0,110	-0,011	0,01272
Tk lateral PtS 2	158,2	141,4	14,2	0,828	0,740	0,568	-0,088	-0,656	1,200	0,741	-0,366	0,151	-0,018	0,01049
Tk lateral PtS 1	158,2	141,4	14,2	0,828	0,740	0,568	-0,088	-0,656	1,200	0,741	-0,366	0,151	-0,018	0,01049

Nombre zona	x1	x2	h	E1	E2	E	J	J'	a	F	γ	p	q	Pi
Tk lateralPtS 9	54,2	39,6	14,2	0,283	0,207	-0,509	-0,076	-0,586	0,793	0,146	-0,318	0,112	-0,012	0,02694
Tk lateral PtS 8	68,8	54,2	14,2	0,360	0,283	-0,357	-0,076	-0,433	0,915	0,211	-0,319	0,112	-0,012	0,02520
Tk lateral PtS 7	83,4	68,8	14,2	0,436	0,360	-0,204	-0,076	-0,280	1,037	0,286	-0,319	0,112	-0,012	0,02316
Tk lateral PtS 6	97,8	83,4	14,2	0,512	0,436	-0,052	-0,075	-0,127	1,158	0,369	-0,314	0,109	-0,011	0,02081
Tk lateral PtS 5	112,3	97,8	14,2	0,588	0,512	0,099	-0,076	-0,175	1,200	0,460	-0,316	0,110	-0,011	0,01820

Buque Portacontenedores 1750 TEU's

Tk lateral PtS 4	126,9	112,3	14,2	0,664	0,588	0,252	-0,076	-0,328	1,200	0,551	-0,318	0,112	-0,012	0,01549
Tk lateral PtS 3	141,4	126,9	14,2	0,740	0,664	0,404	-0,076	-0,480	1,200	0,642	-0,316	0,110	-0,011	0,01272
Tk lateral PtS 2	158,2	141,4	14,2	0,828	0,740	0,568	-0,088	-0,656	1,200	0,741	-0,366	0,151	-0,018	0,01049
Tk lateral PtS 1	172,9	170,5	14,2	0,905	0,892	0,797	-0,013	-0,809	1,200	0,878	-0,052	0,003	0,000	0,00371

Nombre zona	x1	x2	h	E1	E2	E	J	J'	a	F	γ	p	q	Pi
Tk Central 1 PS	41,7	39,6	14,2	0,218	0,207	-0,574	-0,011	-0,586	0,740	0,121	-0,046	0,002	0,000	0,02638
Tk Central 2 Ps	56,3	54,2	14,2	0,295	0,283	-0,422	-0,011	-0,433	0,862	0,182	-0,046	0,002	0,000	0,02456
Tk Central 3 Ps	70,9	68,8	14,2	0,371	0,360	-0,269	-0,011	-0,280	0,985	0,253	-0,046	0,002	0,000	0,02244
Tk Central 4 Ps	85,5	83,4	14,2	0,447	0,436	-0,116	-0,011	-0,127	1,107	0,333	-0,046	0,002	0,000	0,02005
Tk Central 5 Ps	99,9	97,8	14,2	0,523	0,512	0,035	-0,011	-0,046	1,200	0,421	-0,046	0,002	0,000	0,01742
Tk Central 6 Ps	114,4	112,3	14,2	0,599	0,588	0,186	-0,011	-0,197	1,200	0,512	-0,046	0,002	0,000	0,01468
Tk Central 7 Ps	129,0	126,9	14,2	0,675	0,664	0,339	-0,011	-0,350	1,200	0,603	-0,046	0,002	0,000	0,01193
Tk Central 8 Ps	143,5	141,4	14,2	0,751	0,740	0,491	-0,011	-0,502	1,200	0,695	-0,046	0,002	0,000	0,00920
Tk Central 9 Ps	172,6	170,5	14,2	0,903	0,892	0,795	-0,011	-0,807	1,200	0,877	-0,046	0,002	0,000	0,00372

Nombre zona	x1	x2	h	E1	E2	E	J	J'	a	F	γ	p	q	Pi
Tk Central 1 PS	41,7	39,6	14,2	0,218	0,207	-0,574	-0,011	-0,586	0,740	0,121	-0,046	0,002	0,000	0,02638
Tk Central 2 Ps	56,3	54,2	14,2	0,295	0,283	-0,422	-0,011	-0,433	0,862	0,182	-0,046	0,002	0,000	0,02456
Tk Central 3 Ps	70,9	68,8	14,2	0,371	0,360	-0,269	-0,011	-0,280	0,985	0,253	-0,046	0,002	0,000	0,02244
Tk Central 4 Ps	85,5	83,4	14,2	0,447	0,436	-0,116	-0,011	-0,127	1,107	0,333	-0,046	0,002	0,000	0,02005
Tk Central 5 Ps	99,9	97,8	14,2	0,523	0,512	0,035	-0,011	-0,046	1,200	0,421	-0,046	0,002	0,000	0,01742
Tk Central 6 Ps	114,4	112,3	14,2	0,599	0,588	0,186	-0,011	-0,197	1,200	0,512	-0,046	0,002	0,000	0,01468
Tk Central 7 Ps	129,0	126,9	14,2	0,675	0,664	0,339	-0,011	-0,350	1,200	0,603	-0,046	0,002	0,000	0,01193

Buque Portacontenedores 1750 TEU's

Tk Central 8 Ps	143,5	141,4	14,2	0,751	0,740	0,491	-0,011	-0,502	1,200	0,695	-0,046	0,002	0,000	0,00920
Tk Central 9 Ps	172,6	170,5	14,2	0,903	0,892	0,795	-0,011	-0,807	1,200	0,877	-0,046	0,002	0,000	0,00372

Nombre zona	x1	x2	h	E1	E2	E	J	J'	a	F	γ	p	q	Pi
Bodega 1	54,2	41,7	14,2	0,283	0,218	-0,498	-0,065	-0,563	0,801	0,151	-0,271	0,080	-0,007	0,02644
Bodega 2	68,8	56,3	14,2	0,360	0,295	-0,346	-0,065	-0,411	0,924	0,217	-0,272	0,081	-0,007	0,02462
Bodega 3	83,4	70,9	14,2	0,436	0,371	-0,193	-0,065	-0,258	1,046	0,292	-0,272	0,081	-0,007	0,02251
Bodega 4	97,8	85,5	14,2	0,512	0,447	-0,041	-0,064	-0,105	1,167	0,376	-0,268	0,078	-0,007	0,02009
Bodega 5	112,3	99,9	14,2	0,588	0,523	0,110	-0,065	-0,175	1,200	0,466	-0,270	0,079	-0,007	0,01744
Bodega 6	126,9	114,4	14,2	0,664	0,599	0,263	-0,065	-0,328	1,200	0,558	-0,272	0,081	-0,007	0,01472
Bodega 7	141,4	129,0	14,2	0,740	0,675	0,415	-0,065	-0,480	1,200	0,649	-0,270	0,079	-0,007	0,01196
Bodega 8	156,0	143,5	14,2	0,816	0,751	0,567	-0,065	-0,633	1,200	0,740	-0,272	0,081	-0,007	0,00924
Bodega 9	170,4	158,3	14,2	0,892	0,828	0,720	-0,064	-0,783	1,200	0,832	-0,265	0,076	-0,007	0,00642
Bodega 10	179,0	173,0	14,2	0,937	0,905	0,842	-0,031	-0,873	1,200	0,905	-0,131	0,018	-0,001	0,00317

El factor s_i se calcula mediante la fórmula:

$$s = C \cdot \sqrt{0,5 \cdot GZ_{max} \cdot gama}$$

Siendo:

$$C: \begin{cases} 1 \text{ si } \theta_e \leq 25^\circ \\ 0 \text{ si } \theta_e \geq 30^\circ \\ \left(\frac{30 - \theta_e}{5}\right)^{1/2} \text{ en el resto} \end{cases}$$

GZ_{max} Brazo adrizante positivo máximo, sin exceder de 0,12 m.

Gama Gama de ángulos en la que los brazos adrizantes son positivos, sin exceder de 16° . La gama de ángulos terminará en el ángulo al que se sumerjan las aberturas que no pueden cerrarse de manera estanca.

Los cálculos se harán en una situación de carga virtual con quilla a nivel y para dos calados distintos, siendo el factor s_i la media de los calculados para ambos calados.

El factor s_i será:

$$s_i = 0,5 \cdot s_l + 0,5 \cdot s_d$$

s_l : Factor s correspondiente a la línea de máxima carga de compartimentado

s_d : Factor s correspondiente a la carga parcial. La línea de carga parcial es el calado en rosca mas el 60% de la diferencia entre el calado en rosca y el calado máximo

Buque Portacontenedores 1750 TEU's

Nombre zona	C	GZ max	gama	Sl	C	GZ max	gama	Sd	Si	pi-si
Peak popa	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,00905
DF 1 Sbds	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,00054
DF 2 Sbds	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,00035
DF 3 Sbds	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,00265
DF 4 Sbds	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,00184
DF 5 Sbds	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,00265
DF 6 Sbds	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,00308
DF 7 Sbds	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,00349
DF 8 Sbds	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,00379
DF 9 Sbds	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,00398
DF 10 Sbds	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,00403
DF 11 Sbds	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,00398
DF 12 Sbds	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,00542
Deep tk	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,00282
Cofferdam	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,00373

Nombre zona	C	GZ max	gama	Sl	C	GZ max	gama	Sd	Si	pi-si
DF 1 Ps	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,00220
DF 2 Ps	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,00035
DF 3 Ps	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,00265
DF 4 Ps	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,00184
DF 5 Ps	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,00265
DF 6 Ps	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,00308
DF 7 Ps	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,00349

Buque Portacontenedores 1750 TEU's

DF 8 Ps	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,00379
DF 9 Ps	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,00398
DF 10 Ps	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,00403
DF 11 Ps	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,00398
DF 12 Ps	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,00542

Nombre zona	C	GZ max	gama	Sl	C	GZ max	gama	Sd	Si	pi-si
Tk lateralPtS 9	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,02694
Tk lateral PtS 8	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,02520
Tk lateral PtS 7	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,02316
Tk lateral PtS 6	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,02081
Tk lateral PtS 5	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,01820
Tk lateral PtS 4	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,01549
Tk lateral PtS 3	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,01272
Tk lateral PtS 2	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,01049
Tk lateral PtS 1	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,01049

Nombre zona	C	GZ max	gama	Sl	C	GZ max	gama	Sd	Si	pi-si
Tk lateralPtS 9	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,02694
Tk lateral PtS 8	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,02520
Tk lateral PtS 7	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,02316
Tk lateral PtS 6	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,02081
Tk lateral PtS 5	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,01820
Tk lateral PtS 4	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,01549

Buque Portacontenedores 1750 TEU's

Tk lateral PtS 3	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,01272
Tk lateral PtS 2	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,01049
Tk lateral PtS 1	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,00371

Nombre zona	C	GZ max	gama	Sl	C	GZ max	gama	Sd	Si	pi-si
Tk Central 1 PS	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,02638
Tk Central 2 Ps	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,02456
Tk Central 3 Ps	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,02244
Tk Central 4 Ps	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,02005
Tk Central 5 Ps	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,01742
Tk Central 6 Ps	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,01468
Tk Central 7 Ps	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,01193
Tk Central 8 Ps	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,00920
Tk Central 9 Ps	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,00372

Nombre zona	C	GZ max	gama	Sl	C	GZ max	gama	Sd	Si	pi-si
Tk Central 1 PS	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,02638
Tk Central 2 Ps	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,02456
Tk Central 3 Ps	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,02244
Tk Central 4 Ps	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,02005
Tk Central 5 Ps	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,01742
Tk Central 6 Ps	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,01468
Tk Central 7 Ps	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,01193
Tk Central 8 Ps	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,00920

Buque Portacontenedores 1750 TEU's

Tk Central 9 Ps	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,00372
-----------------	---	------	----	---	---	------	----	---	---	---------

Nombre zona	C	GZ max	gama	Sl	C	GZ max	gama	Sd	Si	pi-si
Bodega 1	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,02644
Bodega 2	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,02462
Bodega 3	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,02251
Bodega 4	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,02009
Bodega 5	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,01744
Bodega 6	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,01472
Bodega 7	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,01196
Bodega 8	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,00924
Bodega 9	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,00642
Bodega 10	1	0,12	16	1	1	0,12	16	1	1	0,00317

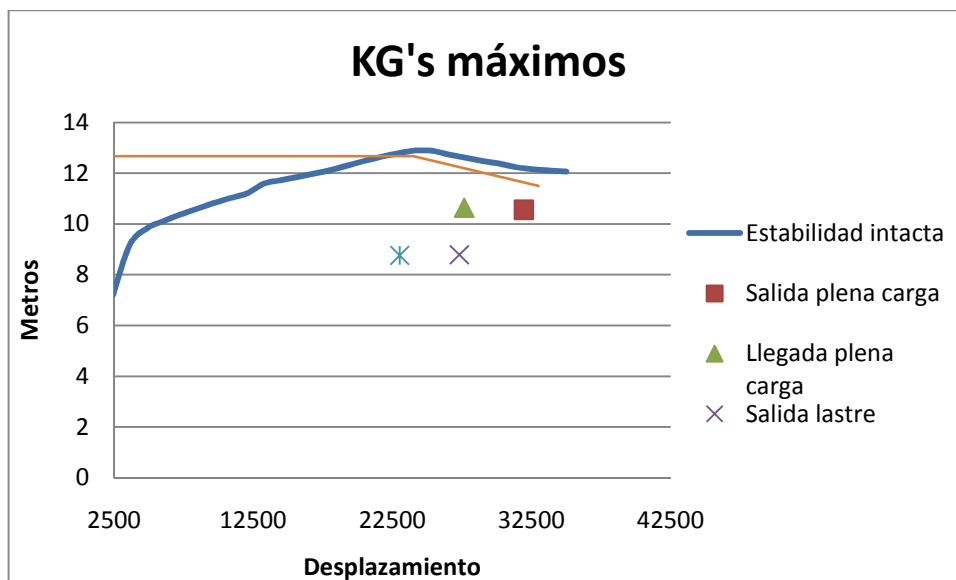
Resultando un índice de subdivisión de 0,8664.

7. KG limites.

A la vista de los resultados obtenidos se puede determinar la curva de KG's máximos que dará al buque la zona segura de explotación, quedando por debajo las curvas superpuestas de la estabilidad después de averías y la estabilidad intacta.

Con esta curva se corrobora que todas las situaciones de carga quedan por debajo de la condición límite calculada con lo que el buque es estable en las condiciones estudiadas.

Para la operación del buque se deberá comprobar cada caso de carga particular con esta curva para poder determinar que la condición buscada es posible, sin correr riesgo de pérdida de estabilidad.



8. Resultados de estabilidad estática.

Todos los cálculos de estabilidad sin avería, se han comprobado con el programa “HYDROMAX”.

8.1 Condición de salida a plena carga.

Tal y como ya ha sido mencionado, esta situación de carga es aquella en la que el buque va cargado al 100 % y por tratarse de salida de puerto los consumos también se encuentran al 100 %.

La situación de equilibrio es:

Draft Amidsh. M	8,9
Displacement tonne	31563
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	8,3
Draft at AP m	9,5
Draft at LCF m	8,95
Trim (+ve by stern) m	1,2
WL Length m	184,811
WL Beam m	27,7
Wetted Area m ²	6669,53
Waterpl. Area m ²	4624,485
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	-4,153
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-2,765
KB m	6,738
KG m	10,56
BMt m	8,755
BML m	354,316
GMt m	2,028
GML m	350,521
KMt m	15,493
KML m	361,054
Immersion (TPc) tonne/cm	35,91
MTc tonne.m	587,442
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	2765,957
Max deck inclination deg	0,4
Trim angle (+ve by stern) deg	0,4

8.1.1 Coordenadas puntos de carga.

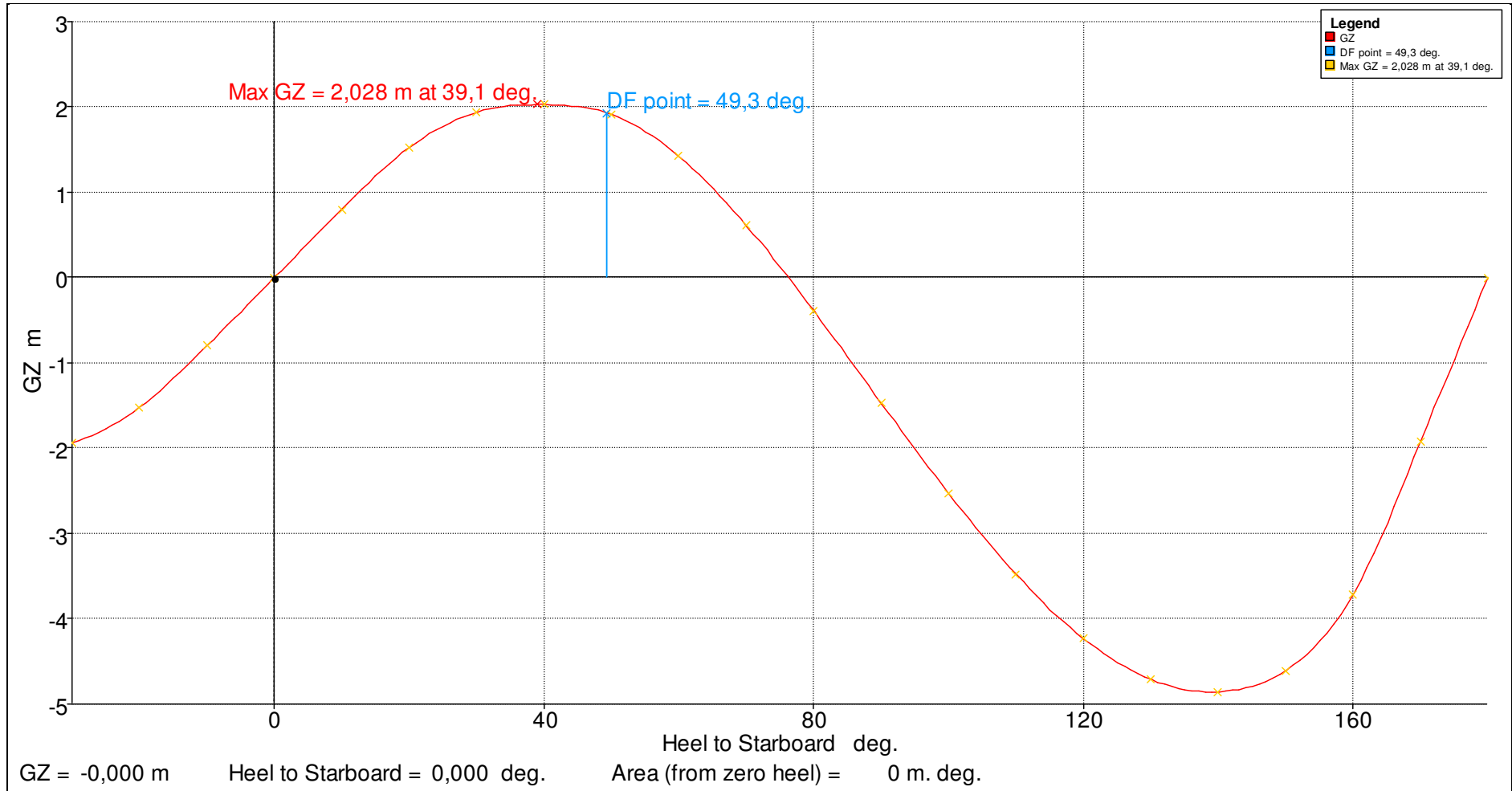
Item Name	Quantity	Weight tonne	Long.ARM m	Vertical arm	Trans. Arm
Peso Rosca	1	10852	-110,3	7,8	0
Cargos y Pertrechos	1	25	-164	16,9	0
Tripulación	1	3,1	-164	19	0
Elementos estiba	1	20	-91	16,9	0
Víveres	1	25	-164	-16,9	0
1 TL Stbd	0	407,4	-34,6	5,95	10,40
2 TL Stbd	0	344,835	-49,1	5,95	13,000
3 TL Stbd	0	373,935	-63	5,95	13,000
4 TL Stbd	0	221,85	-78,1	5,95	13,000
5 TL Stbd	0	243,6	-92,6	5,95	13,000
6 TL Stbd	0	247,95	-107,1	5,95	13,000
7 TL Stbd	0	253,75	-121,6	5,95	13,000
8 TL Stbd	0	456,75	-136,1	5,95	13,000
1 TL Port	0	407,4	-34,6	5,95	-10,400
2 TL Port	0	344,835	-49,1	5,95	-13,000
3 TL Port	0	373,935	-63,6	5,95	-13,000
4 TL Port	0	221,85	-78,1	5,95	-13,000
5 TL Port	0	243,6	-92,6	5,95	-13,000
6 TL Port	0	247,95	-107,1	5,95	-13,000
7 TL Port	0	253,75	-121,6	5,95	-13,000
8 TL Port	0	456,75	-136,1	5,95	-13,000
Piqué de proa	0	1275	0	8,4	0,000
Piqué de popa	0	897	-173,8	5,8	0,000
1 CTR Stbd	1	197,715	-26,3	9,37	3,800
2 CTR Stbd	1	249,9	-40,85	9,37	5,100
3 CTR Stbd	1	283,71	-55,4	9,37	6,300
4 CTR Stbd	1	298,41	-69,95	9,37	6,300
5 CTR Stbd	1	307,23	-84,5	9,37	6,300
6 CTR Stbd	1	308,7	-99,05	9,37	6,300
7 CTR Stbd	1	302,085	-113,6	9,37	6,300
8 CTR Stbd	1	284,445	-128,15	9,37	6,300
9 CTR Stbd	1	270,48	-142,7	9,37	6,300
1 CTR Port	1	197,715	-97,923	9,37	-3,800
2 CTR Port	1	249,9	-97,923	9,37	-5,100
3 CTR Port	1	283,71	-97,923	9,37	-6,300
4 CTR Port	1	298,41	-97,923	9,37	-6,300
5 CTR Port	1	307,23	-97,923	9,37	-6,300
6 CTR Port	1	308,7	-97,923	9,37	-6,300

Buque Portacontenedores 1750 TEU's

7 CTR Port	1	302,085	-97,923	9,37	-6,300
8 CTR Port	1	284,445	-97,923	9,37	-6,300
9 CTR Port	1	270,48	-97,923	9,37	-6,300
Deep Tank	1	571,4	-15	5,14	0
1 Df Stbd	0	36,0	3,7	0,9	0,7
2 Df Stbd	0	59,0	-18,3	0,9	0,9
3 Df Stbd	0	86,4	-33,3	0,9	1,57
4 Df Stbd	0	147,6	-47,3	0,9	2,6
5 Df Stbd	0	248,4	-62,3	0,9	4,4
6 Df Stbd	0	331,6	-77,9	0,9	6,2
7 Df Stbd	0	352,8	-92,7	0,9	6,7
8 Df Stbd	0	291,6	-106,5	0,9	6,5
9 Df Stbd	0	282,6	-121,1	0,9	5,2
10 Df Stbd	0	171,0	-135,9	0,9	3,2
1 Df Port	0	36,0	3,7	0,9	-0,7
2 Df Port	0	59,0	-18,3	0,9	-0,9
3 Df Port	0	86,4	-33,3	0,9	-1,57
4 Df Port	0	147,6	-47,3	0,9	-2,6
5 Df Port	0	248,4	-62,3	0,9	-4,4
6 Df Port	0	331,6	-77,9	0,9	-6,2
7 Df Port	0	352,8	-92,7	0,9	-6,7
8 Df Port	0	291,6	-106,5	0,9	-6,5
9 Df Port	0	282,6	-121,1	0,9	-5,2
10 Df Port	0	171,0	-135,9	0,9	-3,2
TACMP (Oil)	1	32	-151,2	0,9	11,5
TDAA (Oily Water)	0	15	-158,1	0,9	0
TDDDA (Oil)	0	10	-163,0	0,9	0
TSAC (Oil)	1	1,5	-165,7	9,9	0
TEAD (Water)	1	15	-168,5	9,9	9,9
TSDFO (HFO)	1	71	-158,1	9,9	-9,9
TSDFO (HFO)	1	71	-158,1	9,9	9,9
TSFO (HFO)	1	71	-158,1	9,9	-9,9
TSFO (HFO)	1	71	-158,1	9,9	9,9
TSDMO (MFO)	1	35,5	-168,5	9,9	9,9
TSMO (MFO)	1	35,5	-168,5	9,9	9,9
TAAD (Water)	1	28	-158,1	9,9	-9,9
TAAP (Water)	1	28	-158,1	9,9	-9,9
TARHFO (HFO)	0	20	-163,0	9,9	-9,9
TDAS (Oil)	1	15	-165,3	0,9	11,5
TAAC (Oil)	1	20	-168,5	0,9	11,5
TSAC (Oil)	1	20	-165,7	0,9	11,5
TRAM (Oil)	1	40	-165,7	0,9	11,5

Buque Portacontenedores 1750 TEU's

TSAC (Oil)	1	40	-165,7	0,9	-11,5
10 Bodega	1	1274	-140,6	10,24	10,24
9 Bodega	1	1482	-126	9,39	9,39
8 Bodega	1	1560	-111,4	9,07	9,07
7 Bodega	1	1560	-96,8	9,07	9,07
6 Bodega	1	1560	-82,2	9,07	9,07
5 Bodega	1	1378	-67,6	9,7	9,7
4 Bodega	1	1196	-53	10,34	10,34
3 Bodega	1	832	-38,4	11,36	11,36
2 Bodega	1	442	-23,8	12,3	12,3
1 Bodega	1	78	-9,2	14,35	14,35
1 C. sobre bodega	1	143	-9,2	17,8	17,8
2 C. sobre bodega	1	572	-23,8	17,8	17,8
3 C. sobre bodega	1	975	-38,4	17,8	17,8
4 C. sobre bodega	1	975	-53	17,8	17,8
5 C. sobre bodega	1	975	-67,6	17,8	17,8
6 C. sobre bodega	1	975	-82,2	17,8	17,8
7 C. sobre bodega	1	1118	-96,8	19,1	19,1
8 C. sobre bodega	1	1118	-111,4	19,1	19,1
9 C. sobre bodega	1	1118	-126	19,1	19,1
10 C. sobre bodega	1	1118	-140,6	19,1	19,1
C. sobre plataforma	1	1118	-140,6	19,1	19,1
				VCG=9,619	
				FS	
				Corr.=0,001	
				VCG	
				Fluid=9,617	
	Total Weight	31563	LCG=-92,435		TCG=-0,001



8.1.2 Condiciones IMO de buques de carga general.

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30				Pass
	from the greater of				
	spec. heel angle	0	deg	0	
	to the lesser of				
	spec. heel angle	30	deg	30	
	angle of vanishing stability	89,8	deg		
	shall not be less than (\geq)	0,055	m.rad	0,58	Pass

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40				Pass
	from the greater of				
	spec. heel angle	0	deg	0	
	to the lesser of				
	spec. heel angle	40	deg	40	
	first downflooding angle	49,3	deg		
	angle of vanishing stability	89,8	deg		
	shall not be less than (\geq)	0,09	m.rad	0,948	Pass

A.749(18) Ch3 - Design criteria	3.1.2.1: Area 30 to 40				Pass
--	-------------------------------	--	--	--	-------------

applicable to all ships A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	from the greater of				
	spec. heel angle	30	deg	30	
	spec. heel angle	40	deg	40	
	first downflooding angle	49,3	deg		
	angle of vanishing stability	108,4	deg		
	shall not be less than (>=)	0,03	m.rad	0,368	Pass

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater				Pass
	in the range from the greater of				
	spec. heel angle	30	deg	30	
	to the lesser of				
	spec. heel angle	90	deg		
	angle of max. GZ	40	deg	40	
	shall not be less than (>=)	0,2	m	2,028	Pass
	Intermediate values				
	angle at which this GZ occurs		deg	40	

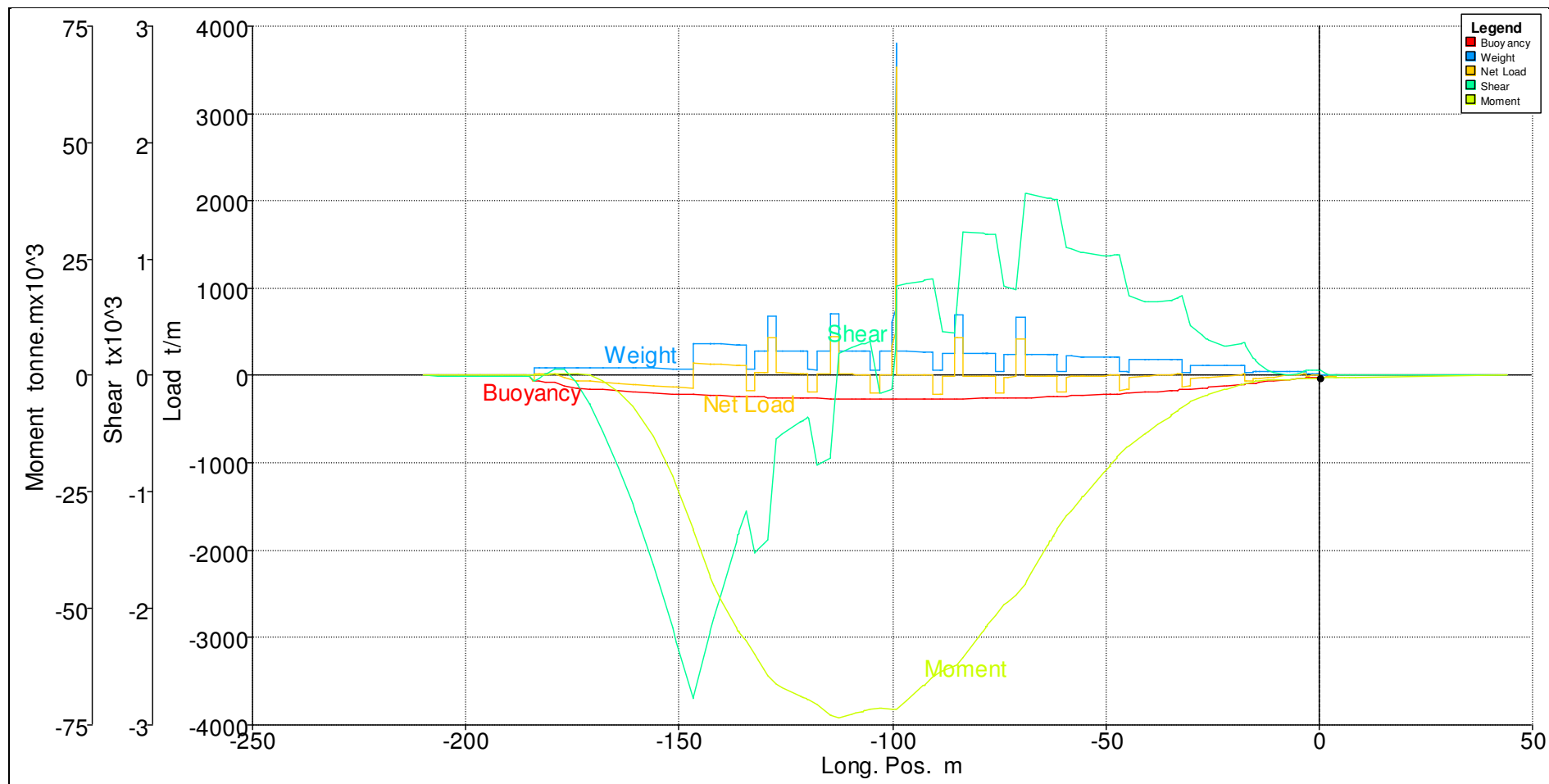
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.2.2: Severe wind and rolling				Pass
	Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$				
	constant: $a =$	0,99966			
	wind pressure: $P =$	504,00	Pa		
	area centroid height: $h =$	22,17	m		
	additional area: $A =$	3647,000	m ²		
	$H =$ vert. centre of projected lat. u'water area	6,713	m		
	cosine power: $n =$	0			
	gust ratio	1,5			
	Area2 integrated to the lesser of				
	roll back angle from equilibrium (with steady heel arm)	25,0 (-14,4)	deg	-14,4	
	Area 1 upper integration range, to the lesser of:				
	spec. heel angle	50	deg	50	
	first downflooding angle	49,31	deg		
	angle of vanishing stability (with gust heel arm)	87,3	deg		
	Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of:				
	angle of max. GZ	45	deg	45	
	Criteria:				Pass
	Angle of steady heel shall not be greater than (\leq)	16	deg	1,6	Pass
	Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than (\leq)	80	%	5,39	Pass
	Area1 / Area2 shall not be less than (\geq)	100	%	242,755	Pass
	Intermediate values				

	Model windage area		m ²	3647,91	
--	--------------------	--	----------------	---------	--

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	Model windage area centroid height		m	22,17	
	Total windage area		m ²	3647,91	
	Total windage area centroid height		m	22,178	
	Heel arm amplitude		m	0,018	
	Equilibrium angle with steady heel arm		deg	10,6	
	Equilibrium angle with gust heel arm		deg	10,7	
	Deck edge immersion angle		deg	20,1	
	Area1 (under GZ), from 1,6 to 50,0 deg.		m.rad	1,189	
	Area1 (under HA), from 1,6 to 50,0 deg.		m.rad	0,019	
	Area1, from 1,6 to 50,0 deg.		m.rad	1,17	
	Area2 (under GZ), from 23,9 to 1,6 deg.		m.rad	-0,47	
	Area2 (under HA), from -23,9 to 1,6 deg.		m.rad	0,012	
	Area2, from -23,9 to 1,6 deg.		m.rad	0,482	

8.1.3 Resistencia longitudinal.

Name	Long. Pos. (m)	Buouyancy t/m	Weight t/m	Net Load t/m	Shear tx10 ³	Moment tonne mx10 ³
st 22	-210,013	0	0	0	0	0
st 21	-206,583	0	0	0	0	0,03
st 20	-201,808	0	0	0	0	0,072
st 19.5	-196,679	0	0	0	0	0,118
st 19	-191,55	0	0	0	0	0,163
st 18.5	-186,421	0	0	0	0	0,208
st 18	-181,292	69,765	92,577	22,812	0,018	0,185
st 17	-171,035	154,93	88,717	-66,212	-0,247	0,022
st 16	-160,777	185,843	84,858	-100,985	-1,104	-6,542
st 15	-150,519	209,479	80,998	-128,481	-2,284	-23,622
st 14	-140,261	230,528	359,292	128,765	-1,882	-48,122
st 13	-130,004	247,375	282,281	34,906	-1,444	-63,146
st 12	-119,746	259,47	69,418	-190,051	-0,366	-69,506
st 11	-109,488	266,502	280,832	14,33	0,239	-72,712
st 10	-99,23	268,687	2850,406	2581,72	0,217	-71,67
st 9	-88,973	266,417	57,839	-208,578	0,494	-63,642
st 8	-78,715	260,161	257,757	-2,404	1,219	-54,747
st 7	-68,457	249,378	239,267	-10,11	1,561	-43,936
st 6	-58,199	234,013	220,777	-13,236	1,088	-29,041
st 5	-47,942	212,319	216,918	4,599	1,036	-18,186
st 4	-37,684	182,046	183,798	1,752	0,63	-10,509
st 3.5	-32,555	163,537	181,868	18,331	0,68	-7,131
st 3	-27,426	142,884	116,192	-26,692	0,342	-4,632
st 2.5	-22,297	119,757	114,262	-5,495	0,258	-3,074
st 2	-17,168	94,612	30,821	-63,791	0,255	-1,666
st 1.5	-12,04	68,382	46,656	-21,726	0,05	-0,934
st 1	-6,911	41,567	44,726	3,159	0,003	-0,791
st 0.5	-1,782	23,828	25,031	1,203	0,043	-0,611
st 0	3,347	4,298	0	-4,298	0,001	-0,406
st -0.1	4,629	0	0	0	0	-0,393
st -0.2	5,911	0	0	0	0	-0,38
st -0.3	7,194	0	0	0	0	-0,367
st -0.5	8,476	0	0	0	0	-0,355



8.2 Condición de llegada a plena carga.

Tal y como ya ha sido mencionado, esta situación de carga es aquella en la que el buque va cargado al 100 % y por tratarse de la llegada a puerto los consumos se encuentran al 10 %.

La situación de equilibrio es:

Draft Amidsh. M	7,9
Displacement tonne	27656
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	7,408
Draft at AP m	8,522
Draft at LCF m	7,96
Trim (+ve by stern) m	1,582
WL Length m	187,368
WL Beam m	27,7
Wetted Area m ²	6307,0
Waterpl. Area m ²	4454,6
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	-4,192
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-2,387
KB m	6,172
KG m	10,641
BMt m	9,241
BML m	364,8
GMt m	2,434
GML m	360,3
KMt m	15,43
KML m	370,9
Immersion (TPc) tonne/cm	35,66
MTc tonne.m	537,9
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	2382,9
Max deck inclination deg	0,5
Trim angle (+ve by stern) deg	0,5

8.2.1 Coordenadas puntos de carga.

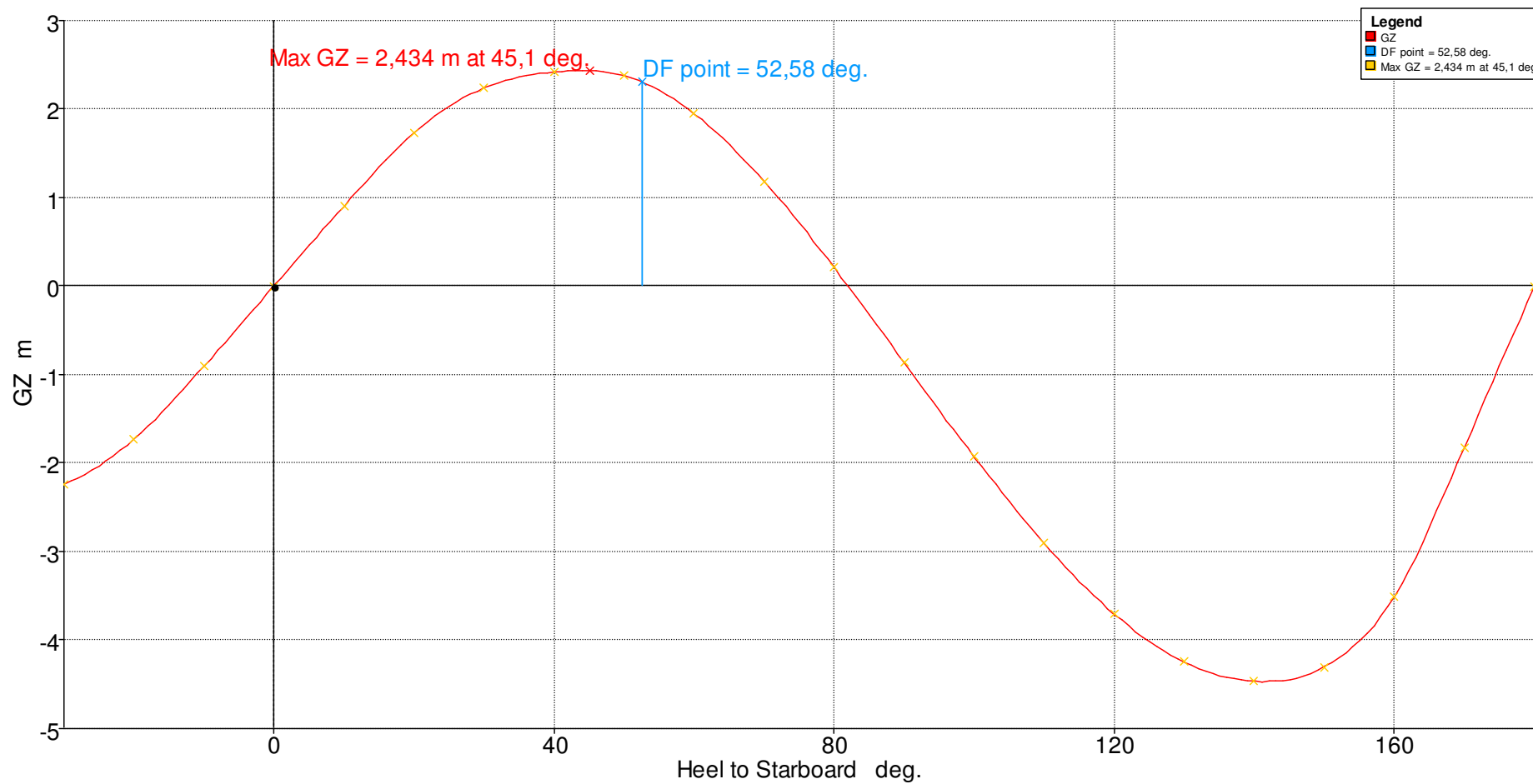
Item Name	Quantity	Weight tonne	Long.ARM m	Vertical arm
Peso Rosca	1	10852	-110,3	7,8
Cargos y Pertrechos	1	25	-164	16,9
Tripulación	1	3,1	-164	19
Elementos estiba	1	20	-91	16,9
Víveres	1	25	-164	-16,9
1 TL Stbd	0	407,4	-34,6	5,95
2 TL Stbd	0	344,835	-49,1	5,95
3 TL Stbd	0	373,935	-63	5,95
4 TL Stbd	0	221,85	-78,1	5,95
5 TL Stbd	0	243,6	-92,6	5,95
6 TL Stbd	0	247,95	-107,1	5,95
7 TL Stbd	0	253,75	-121,6	5,95
8 TL Stbd	0	456,75	-136,1	5,95
1 TL Port	0	407,4	-34,6	5,95
2 TL Port	0	344,835	-49,1	5,95
3 TL Port	0	373,935	-63,6	5,95
4 TL Port	0	221,85	-78,1	5,95
5 TL Port	0	243,6	-92,6	5,95
6 TL Port	0	247,95	-107,1	5,95
7 TL Port	0	253,75	-121,6	5,95
8 TL Port	0	456,75	-136,1	5,95
Piqué de proa	0	1275	0	8,4
Piqué de popa	0	897	-173,8	5,8
1 CTR Stbd	0	197,715	-26,3	9,37
2 CTR Stbd	0	249,9	-40,85	9,37
3 CTR Stbd	0	283,71	-55,4	9,37
4 CTR Stbd	0	298,41	-69,95	9,37
5 CTR Stbd	0	307,23	-84,5	9,37
6 CTR Stbd	0	308,7	-99,05	9,37
7 CTR Stbd	0	302,085	-113,6	9,37
8 CTR Stbd	0	284,445	-128,15	9,37
9 CTR Stbd	0,1	270,48	-142,7	9,37
1 CTR Port	0	197,715	-97,923	9,37
2 CTR Port	0	249,9	-97,923	9,37
3 CTR Port	0	283,71	-97,923	9,37
4 CTR Port	0	298,41	-97,923	9,37
5 CTR Port	0	307,23	-97,923	9,37
6 CTR Port	0	308,7	-97,923	9,37
7 CTR Port	0	302,085	-97,923	9,37

Buque Portacontenedores 1750 TEU's

8 CTR Port	0	284,445	-97,923	9,37
9 CTR Port	0,1	270,48	-97,923	9,37
Deep Tank	1	571,4	-15	5,14
1 Df Stbd	0	36,0	3,7	0,9
2 Df Stbd	0	59,0	-18,3	0,9
3 Df Stbd	0	86,4	-33,3	0,9
4 Df Stbd	0	147,6	-47,3	0,9
5 Df Stbd	0	248,4	-62,3	0,9
6 Df Stbd	0	331,6	-77,9	0,9
7 Df Stbd	0	352,8	-92,7	0,9
8 Df Stbd	0	291,6	-106,5	0,9
9 Df Stbd	0	282,6	-121,1	0,9
10 Df Stbd	0	171,0	-135,9	0,9
1 Df Port	0	36,0	3,7	0,9
2 Df Port	0	59,0	-18,3	0,9
3 Df Port	0	86,4	-33,3	0,9
4 Df Port	0	147,6	-47,3	0,9
5 Df Port	0	248,4	-62,3	0,9
6 Df Port	0	331,6	-77,9	0,9
7 Df Port	0	352,8	-92,7	0,9
8 Df Port	0	291,6	-106,5	0,9
9 Df Port	0	282,6	-121,1	0,9
10 Df Port	0	171,0	-135,9	0,9
TACMP (Oil)	1	32	-151,2	0,9
TDAA (Oily Water)	0,5	15	-158,1	0,9
TDDDA (Oil)	0,5	10	-163,0	0,9
TSAC (Oil)	1	1,5	-165,7	9,9
TEAD (Water)	1	15	-168,5	9,9
TSDFO (HFO)	1	71	-158,1	9,9
TSDFO (HFO)	1	71	-158,1	9,9
TSFO (HFO)	1	71	-158,1	9,9
TSFO (HFO)	1	71	-158,1	9,9
TSDMO (MFO)	1	35,5	-168,5	9,9
TSMO (MFO)	1	35,5	-168,5	9,9
TAAD (Water)	1	28	-158,1	9,9
TAAP (Water)	1	28	-158,1	9,9
TARHFO (HFO)	0	20	-163,0	9,9
TDAS (Oil)	1	15	-165,3	0,9
TAAC (Oil)	1	20	-168,5	0,9
TSAC (Oil)	1	20	-165,7	0,9
TRAM (Oil)	1	40	-165,7	0,9
TSAC (Oil)	1	40	-165,7	0,9

Buque Portacontenedores 1750 TEU's

10 Bodega	1	1274	-140,6	10,24
9 Bodega	1	1482	-126	9,39
8 Bodega	1	1560	-111,4	9,07
7 Bodega	1	1560	-96,8	9,07
6 Bodega	1	1560	-82,2	9,07
5 Bodega	1	1378	-67,6	9,7
4 Bodega	1	1196	-53	10,34
3 Bodega	1	832	-38,4	11,36
2 Bodega	1	442	-23,8	12,3
1 Bodega	1	78	-9,2	14,35
1 C. sobre bodega	1	143	-9,2	17,8
2 C. sobre bodega	1	572	-23,8	17,8
3 C. sobre bodega	1	975	-38,4	17,8
4 C. sobre bodega	1	975	-53	17,8
5 C. sobre bodega	1	975	-67,6	17,8
6 C. sobre bodega	1	975	-82,2	17,8
7 C. sobre bodega	1	1118	-96,8	19,1
8 C. sobre bodega	1	1118	-111,4	19,1
9 C. sobre bodega	1	1118	-126	19,1
10 C. sobre bodega	1	1118	-140,6	19,1
C. sobre plataforma	1	1118	-140,6	19,1
	Total Weight	27656	LCG=-94,255	VCG=9,592 FS Corr.=0 VCG Fluid=9,592



8.2.2 Condiciones IMO de buques de carga general.

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30				Pass
	from the greater of				
	spec. heel angle	0	deg	0	
	to the lesser of				
	spec. heel angle	30	deg	30	
	angle of vanishing stability	89,8	deg		
	shall not be less than (\geq)	0,055	m.rad	0,668	Pass

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40				Pass
	from the greater of				
	spec. heel angle	0	deg	0	
	to the lesser of				
	spec. heel angle	40	deg	40	
	first downflooding angle	52,5	deg		

	angle of vanishing stability	89,8	deg		
	shall not be less than (\geq)	0,09	m.rad	1,07	Pass

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40				Pass
	from the greater of				
	spec. heel angle	30	deg	30	
	spec. heel angle	40	deg	40	
	first downflooding angle	52,5	deg		
	angle of vanishing stability	89,8	deg		
	shall not be less than (\geq)	0,03	m.rad	0,402	Pass

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater				Pass
	in the range from the greater of				
	spec. heel angle	30	deg	30	
	to the lesser of				
	spec. heel angle	90	deg		
	angle of max. GZ	45,1	deg	45,1	
	shall not be less than (\geq)	0,2	m	2,434	Pass
	Intermediate values				
	angle at which this GZ occurs		deg	45,1	

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt				Pass
	spec. heel angle	0	deg		
	shall not be less than (\geq)	0,15	m	5,233	Pass

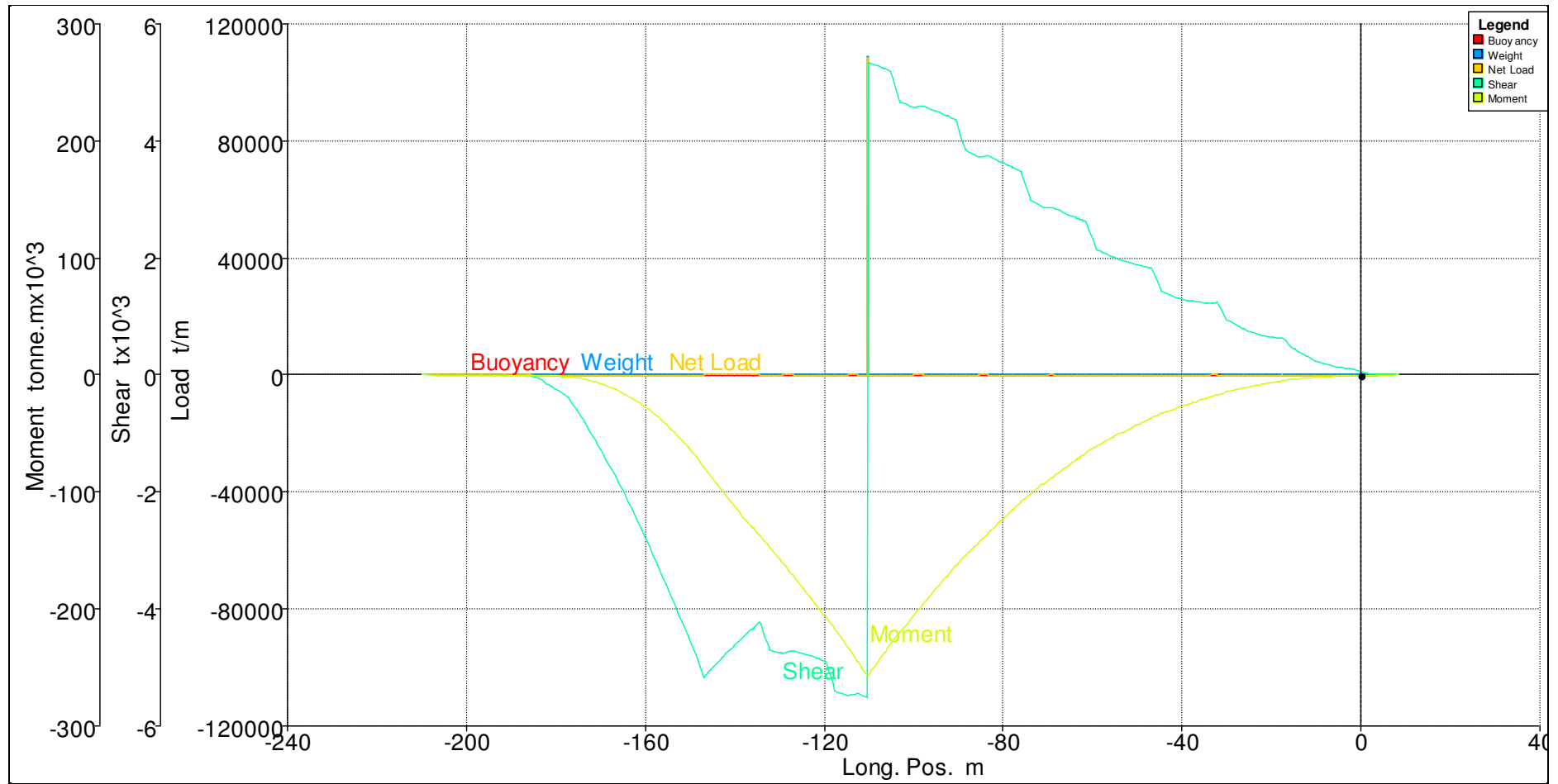
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.2.2: Severe wind and rolling				Pass
	Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$				
	constant: $a =$	0,99966			
	wind pressure: $P =$	504	Pa		
	area centroid height: $h =$	13,3	m		
	additional area: $A =$	1647	m ²		
	$H =$ vert. centre of projected lat. u'water area	6,28	m		
	cosine power: $n =$	0			
	gust ratio	1,5			
	Area2 integrated to the lesser of				
	roll back angle from equilibrium (with steady heel arm)	25,0 (-23,3)	deg	-23,3	
	Area 1 upper integration range, to the lesser of:				
	spec. heel angle	50	deg		
	first downflooding angle	52,5	deg	52,5	

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	angle of vanishing stability (with gust heel arm)	89,4	deg		
	Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of:				
	angle of max. GZ	45,1	deg	45,1	
	Criteria:				Pass
	Angle of steady heel shall not be greater than (<=)	16	deg	1,9	Pass
	Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than (<=)	80	%	8,003	Pass
	Area1 / Area2 shall not be less than (>=)	100	%	344,505	Pass
	Intermediate values				
	Model windage area		m^2	3647	
	Model windage area centroid height		m	22,17	
	Total windage area		m^2	3647	
	Total windage area centroid height		m	22,178	
	Heel arm amplitude		m	0,022	
	Equilibrium angle with steady heel arm		deg	1,7	

	Equilibrium angle with gust heel arm		deg	1,9	
	Deck edge immersion angle		deg	23,7	
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	Area1 (under GZ), from 1,9 to 50,0 deg.		m.rad	1,429	
	Area1 (under HA), from 1,9 to 50,0 deg.		m.rad	0,028	
	Area1, from 1,9 to 50,0 deg.		m.rad	1,401	
	Area2 (under GZ), from -14,4 to 10,7 deg.		m.rad	-0,392	
	Area2 (under HA), from -14,4 to 10,7 deg.		m.rad	0,015	
	Area2, from -14,4 to 10,7 deg.		m.rad	0,407	

8.2.3 Resistencia longitudinal.

Name	Long. Pos. (m)	Buouyancy t/m	Weight t/m	Net Load t/m	Shear tx10 ³	Moment tonne mx10 ³
st 22	-210,013	0,000	3.502	0,000	0,000	0,000
st 21	-206,583	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,002
st 20	-201,808	0,000	6.430	0,000	-0,001	-0,004
st 19.5	-196,679	0,000	26.538	0,000	-0,001	-0,006
st 19	-191,550	0,000	12.40	0,000	-0,002	-0,008
st 18.5	-186,421	0,000	24.440	0,000	-0,002	-0,011
st 18	-181,292	45,695	38.519	-45,695	-0,181	-0,380
st 17	-171,035	132,217	0,000	-132,217	-1,134	-6,122
st 16	-160,777	163,746	0,000	-163,746	-2,655	-25,238
st 15	-150,519	187,081	0,000	-187,081	-4,456	-61,467
st 14	-140,261	208,112	282,154	74,042	-4,637	-111,294
st 13	-130,004	224,973	209,003	-15,970	-4,741	-157,417
st 12	-119,746	236,881	0,000	-236,881	-4,897	-206,371
st 11	-109,488	243,891	215,273	-28,618	5,322	-252,850
st 10	-99,230	246,098	255,364	9,266	4,584	-201,991
st 9	-88,973	243,708	0,000	-243,708	3,981	-156,264
st 8	-78,715	237,286	203,778	-33,508	3,575	-117,955
st 7	-68,457	226,530	189,148	-37,382	2,849	-85,689
st 6	-58,199	211,245	174,518	-36,727	2,115	-58,939
st 5	-47,942	189,271	174,518	-14,753	1,843	-38,702
st 4	-37,684	158,382	145,257	-13,125	1,261	-23,664
st 3.5	-32,555	140,606	145,257	4,651	1,239	-17,219
st 3	-27,426	121,417	81,511	-39,906	0,831	-12,017
st 2.5	-22,297	100,602	81,511	-19,091	0,678	-8,114
st 2	-17,168	78,991	0,000	-78,991	0,602	-4,720
st 1.5	-12,040	57,544	17,765	-39,779	0,311	-2,394
st 1	-6,911	35,649	17,765	-17,884	0,166	-1,134
st 0.5	-1,782	23,018	0,000	-23,018	0,088	-0,381
st 0	3,347	5,537	0,000	-5,537	0,002	-0,092
st -0.1	4,629	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,068
st -0.2	5,911	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,046
st -0.3	7,194	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,023
st -0.5	8,476	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



8.3 Salida de puerto en lastre.

La situación de equilibrio es:

Draft Amidsh. M	7,802
Displacement tonne	27315
Heel to Starboard degrees	0,0
Draft at FP m	7,316
Draft at AP m	8,416
Draft at LCF m	7,819
Trim (+ve by stern) m	1,35
WL Length m	189,4
WL Beam m	27,8
Wetted Area m ²	6043,552
Waterpl. Area m ²	4048,952
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	-4,043
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-2,302
KB m	5,958
KG m	8,788
BMt m	9,413
BML m	360,330
GMt m	2,447
GML m	357,600
KMt m	15,394
KML m	366,207
Immersion (TPc) tonne/cm	34,880
MTc tonne.m	509,957
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	3286,967
Max deck inclination deg	0,5
Trim angle (+ve by stern) deg	0,5

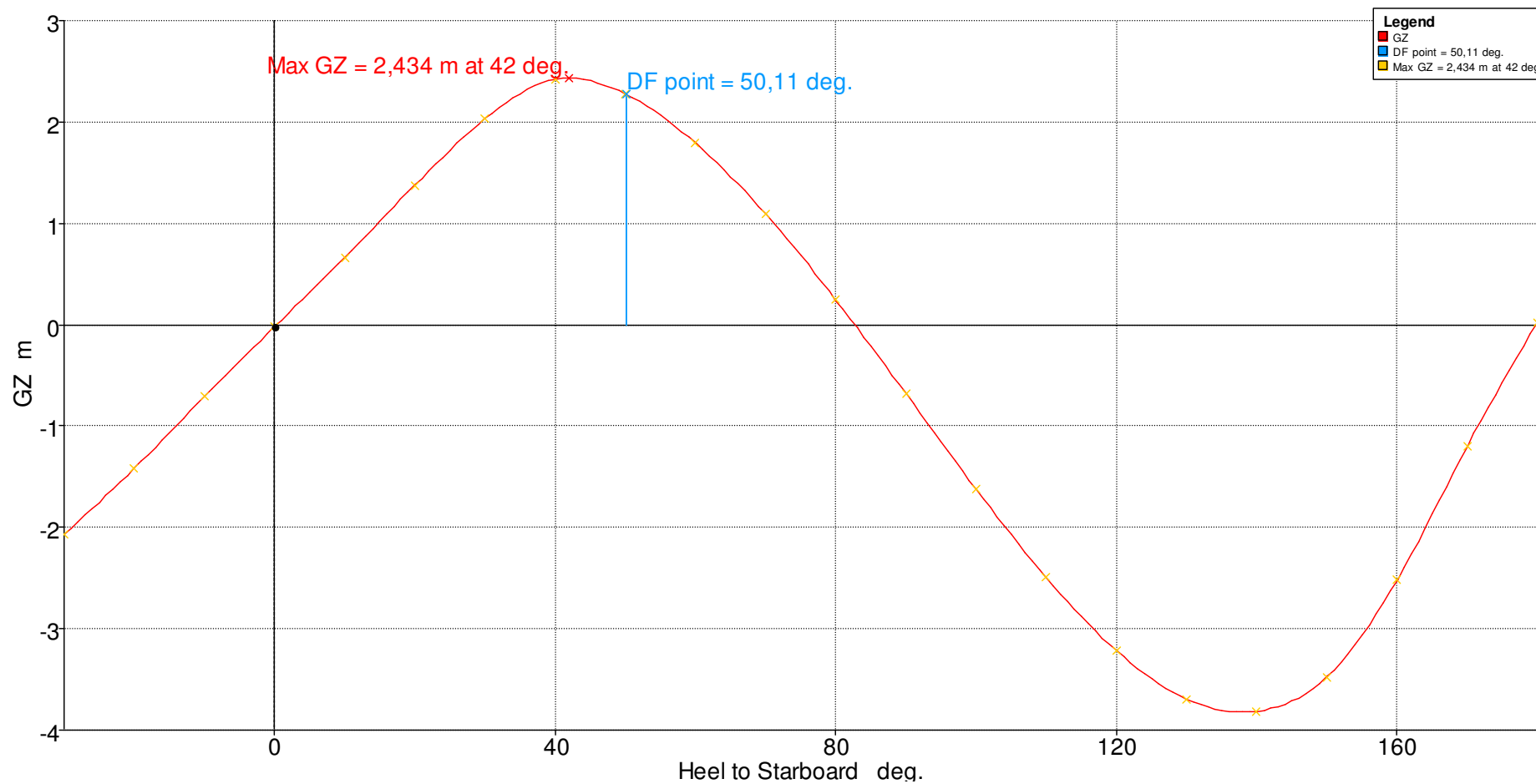
8.3.1 Coordenadas puntos de carga.

Item Name	Quantity	Weight tonne	Long.ARM m	Vertical arm
Peso Rosca	1	10852	-110,3	7,8
Cargos y Pertrechos	1	25	-164	16,9
Tripulación	1	3,1	-164	19
Elementos estiba	1	20	-91	16,9
Víveres	1	25	-164	-16,9
1 TL Stbd	1	407,4	-34,6	5,95
2 TL Stbd	1	344,835	-49,1	5,95
3 TL Stbd	1	373,935	-63	5,95
4 TL Stbd	1	221,85	-78,1	5,95
5 TL Stbd	1	243,6	-92,6	5,95
6 TL Stbd	1	247,95	-107,1	5,95
7 TL Stbd	1	253,75	-121,6	5,95
8 TL Stbd	1	456,75	-136,1	5,95
1 TL Port	1	407,4	-34,6	5,95
2 TL Port	1	344,835	-49,1	5,95
3 TL Port	1	373,935	-63,6	5,95
4 TL Port	1	221,85	-78,1	5,95
5 TL Port	1	243,6	-92,6	5,95
6 TL Port	1	247,95	-107,1	5,95
7 TL Port	1	253,75	-121,6	5,95
8 TL Port	1	456,75	-136,1	5,95
Piqué de proa	1	1275	0	8,4
Piqué de popa	1	897	-173,8	5,8
1 CTR Stbd	1	197,715	-26,3	9,37
2 CTR Stbd	0	249,9	-40,85	9,37
3 CTR Stbd	0	283,71	-55,4	9,37
4 CTR Stbd	0	298,41	-69,95	9,37
5 CTR Stbd	0	307,23	-84,5	9,37
6 CTR Stbd	0	308,7	-99,05	9,37
7 CTR Stbd	0	302,085	-113,6	9,37
8 CTR Stbd	1	284,445	-128,15	9,37
9 CTR Stbd	0,1	270,48	-142,7	9,37
1 CTR Port	1	197,715	-97,923	9,37
2 CTR Port	1	249,9	-97,923	9,37
3 CTR Port	1	283,71	-97,923	9,37
4 CTR Port	1	298,41	-97,923	9,37
5 CTR Port	1	307,23	-97,923	9,37
6 CTR Port	1	308,7	-97,923	9,37
7 CTR Port	1	302,085	-97,923	9,37

8 CTR Port	1	284,445	-97,923	9,37
9 CTR Port	1	270,48	-97,923	9,37
Deep Tank	1	571,4	-15	5,14
1 Df Stbd	1	36,0	3,7	0,9
2 Df Stbd	1	59,0	-18,3	0,9
3 Df Stbd	1	86,4	-33,3	0,9
4 Df Stbd	1	147,6	-47,3	0,9
5 Df Stbd	1	248,4	-62,3	0,9
6 Df Stbd	1	331,6	-77,9	0,9
7 Df Stbd	1	352,8	-92,7	0,9
8 Df Stbd	1	291,6	-106,5	0,9
9 Df Stbd	1	282,6	-121,1	0,9
10 Df Stbd	1	171,0	-135,9	0,9
1 Df Port	1	36,0	3,7	0,9
2 Df Port	1	59,0	-18,3	0,9
3 Df Port	1	86,4	-33,3	0,9
4 Df Port	1	147,6	-47,3	0,9
5 Df Port	1	248,4	-62,3	0,9
6 Df Port	1	331,6	-77,9	0,9
7 Df Port	1	352,8	-92,7	0,9
8 Df Port	1	291,6	-106,5	0,9
9 Df Port	1	282,6	-121,1	0,9
10 Df Port	1	171,0	-135,9	0,9
TACMP (Oil)	1	32	-151,2	0,9
TDAA (Oily Water)	0	15	-158,1	0,9
TDDDA (Oil)	0	10	-163,0	0,9
TSAC (Oil)	1	1,5	-165,7	9,9
TEAD (Water)	1	15	-168,5	9,9
TSDFO (HFO)	1	71	-158,1	9,9
TSDFO (HFO)	1	71	-158,1	9,9
TSFO (HFO)	1	71	-158,1	9,9
TSFO (HFO)	1	71	-158,1	9,9
TSDMO (MFO)	1	35,5	-168,5	9,9
TSMO (MFO)	1	35,5	-168,5	9,9
TAAD (Water)	1	28	-158,1	9,9
TAAP (Water)	1	28	-158,1	9,9
TARHFO (HFO)	0	20	-163,0	9,9
TDAS (Oil)	1	15	-165,3	0,9
TAAC (Oil)	1	20	-168,5	0,9
TSAC (Oil)	1	20	-165,7	0,9
TRAM (Oil)	1	40	-165,7	0,9
TSAC (Oil)	1	40	-165,7	0,9

Buque Portacontenedores 1750 TEU's

10 Bodega	0	1274	-140,6	10,24
9 Bodega	0	1482	-126	9,39
8 Bodega	0	1560	-111,4	9,07
7 Bodega	0	1560	-96,8	9,07
6 Bodega	0	1560	-82,2	9,07
5 Bodega	0	1378	-67,6	9,7
4 Bodega	0	1196	-53	10,34
3 Bodega	0	832	-38,4	11,36
2 Bodega	0	442	-23,8	12,3
1 Bodega	0	78	-9,2	14,35
1 C. sobre bodega	0	143	-9,2	17,8
2 C. sobre bodega	0	572	-23,8	17,8
3 C. sobre bodega	0	975	-38,4	17,8
4 C. sobre bodega	0	975	-53	17,8
5 C. sobre bodega	0	975	-67,6	17,8
6 C. sobre bodega	0	975	-82,2	17,8
7 C. sobre bodega	0	1118	-96,8	19,1
8 C. sobre bodega	0	1118	-111,4	19,1
9 C. sobre bodega	0	1118	-126	19,1
10 C. sobre bodega	0	1118	-140,6	19,1
C. sobre plataforma	0	1118	-140,6	19,1
	Total Weight	27315	LCG=-92,435	VCG=9,648 FS Corr.=0,004 VCG Fluid=9,648



8.3.2 Condiciones IMO de buques de carga general.

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30				Pass
	from the greater of				
	spec. heel angle	0	deg	0	
	to the lesser of				
	spec. heel angle	30	deg	30	
	angle of vanishing stability	180	deg		
	shall not be less than (\geq)	0,055	m.rad	0,537	Pass

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40				Pass
	from the greater of				
	spec. heel angle	0	deg	0	
	to the lesser of				
	spec. heel angle	40	deg	40	
	first downflooding angle	50,1	deg		

	angle of vanishing stability	180	deg		
	shall not be less than (\geq)	0,09	m.rad	0,930	Pass

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40				Pass
	from the greater of				
	spec. heel angle	30	deg	30	
	spec. heel angle	40	deg	40	
	first downflooding angle	50,1	deg		
	angle of vanishing stability	180	deg		
	shall not be less than (\geq)	0,03	m.rad	0,393	Pass

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater				Pass
	in the range from the greater of				
	spec. heel angle	30	deg	30	
	to the lesser of				
	spec. heel angle	90	deg		
	angle of max. GZ	42	deg	42	
	shall not be less than (\geq)	0,2	m	2,434	Pass
	Intermediate values				
	angle at which this GZ occurs		deg	42	

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt				Pass
	spec. heel angle	0,0	deg		
	shall not be less than (\geq)	0,150	m	3,856	Pass

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.2.2: Severe wind and rolling				Pass
	Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$				
	constant: $a =$	0,99966			
	wind pressure: $P =$	504	Pa		
	area centroid height: $h =$	13,34	m		
	additional area: $A =$	1656	m ²		
	$H =$ vert. centre of projected lat. u'water area	4,913	m		
	cosine power: $n =$	0			

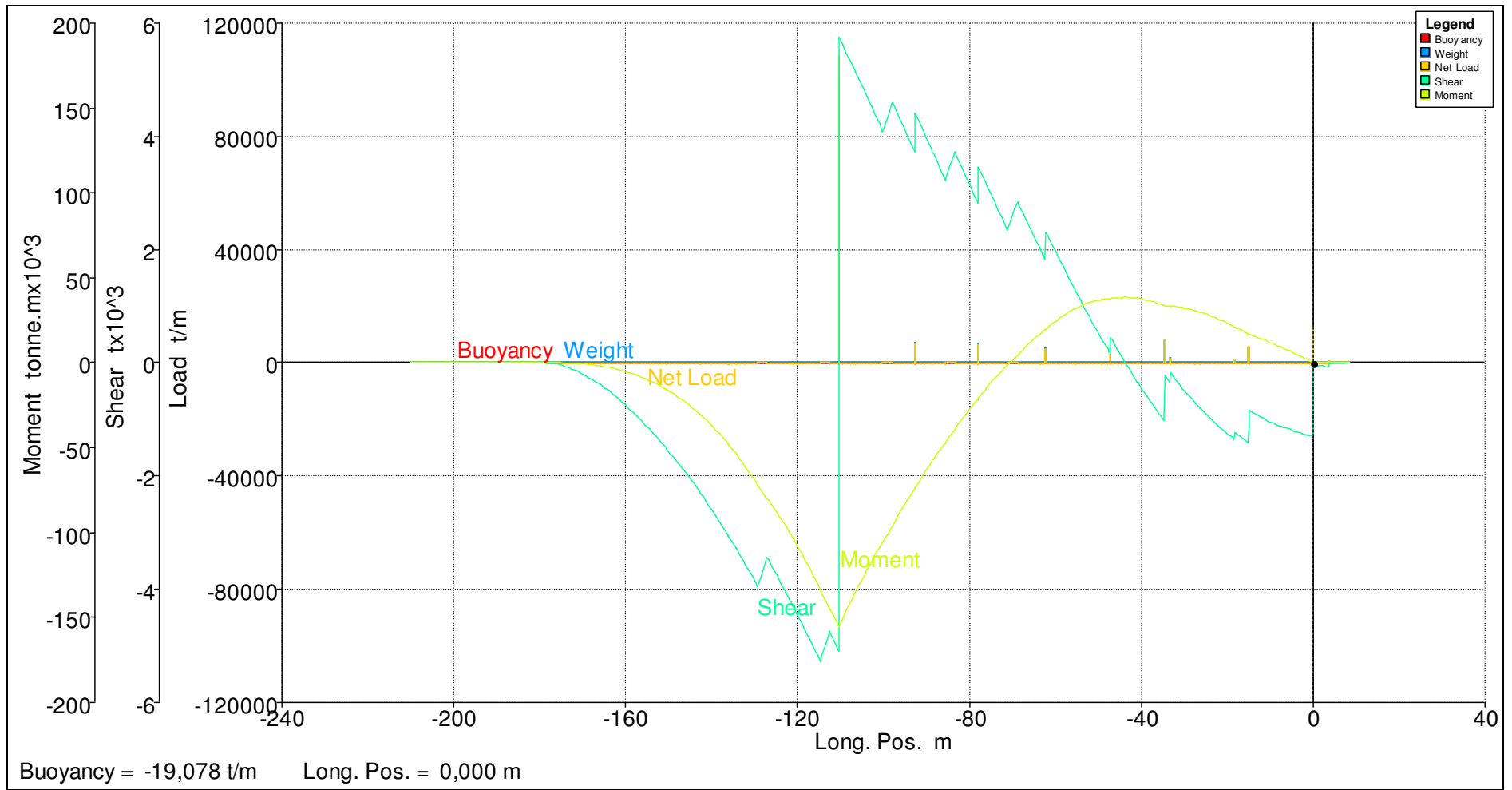
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	gust ratio	1,5			
	Area2 integrated to the lesser of				
	roll back angle from equilibrium (with steady heel arm)	25,0 (-16,4)	deg	-16,4	
	Area 1 upper integration range, to the lesser of:				

	spec. heel angle	50	deg	50	
	first downflooding angle	50,1	deg		
	angle of vanishing stability (with gust heel arm)	n/a	deg		
	Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of:				
	angle of max. GZ	42	deg	42	
	Criteria:				
	Angle of steady heel shall not be greater than (<=)	16	deg	2,5	Pass
	Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than (<=)	80	%	7,9	Pass
	Area1 / Area2 shall not be less than (>=)	100	%	229,508	Pass
	Intermediate values				
	Model windage area		m^2	1656,78	
	Model windage area centroid height		m	13,34	
	Total windage area		m^2	1656,78	
	Total windage area centroid height		m	13,34	
	Heel arm amplitude		m	0,047	

	Equilibrium angle with steady heel arm		deg	2	
	Equilibrium angle with gust heel arm		deg	2,7	
	Deck edge immersion angle		deg	29,1	
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	Area1 (under GZ), from 10,7 to 50,0 deg.		m.rad	2,513	
	Area1 (under HA), from 10,7 to 50,0 deg.		m.rad	0,156	
	Area1, from 10,7 to 50,0 deg.		m.rad	1,462	
	Area2 (under GZ), from -14,4 to 10,7 deg.		m.rad	-0,428	
	Area2 (under HA), from -14,4 to 10,7 deg.		m.rad	0,031	
	Area2, from -14,4 to 10,7 deg.		m.rad	0,732	

8.3.3 Resistencia longitudinal.

Name	Long. Pos. (m)	Buouyancy t/m	Weight t/m	Net Load t/m	Shear tx10 ³	Moment tonne mx10 ³
st 22	-210,013	0,000	13.903	0,000	0,000	0,000
st 21	-206,583	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005
st 20	-201,808	0,000	6.430	0,000	0,000	0,012
st 19.5	-196,679	0,000	39.282	0,000	0,000	0,020
st 19	-191,550	0,000	23.766	0,000	0,000	0,028
st 18.5	-186,421	0,000	39.783	0,000	0,000	0,036
st 18	-181,292	0,000	45.715	0,000	0,001	0,043
st 17	-171,035	36,987	0.000	-36,987	-0,161	-0,356
st 16	-160,777	67,416	0.000	-67,416	-0,697	-4,471
st 15	-150,519	91,293	0.000	-91,293	-1,510	-15,577
st 14	-140,261	114,335	287.056	-114,335	-2,567	-36,283
st 13	-130,004	134,310	0,000	-134,310	-3,846	-68,997
st 12	-119,746	150,015	25.682	-150,015	-4,495	-108,976
st 11	-109,488	161,044	0,000	-161,044	5,621	-150,831
st 10	-99,230	167,289	0.000	233,621	4,302	-101,607
st 9	-88,973	168,936	0,000	-168,936	3,793	-58,764
st 8	-78,715	166,552	31.933	-166,552	2,947	-23,649
st 7	-68,457	159,835	90.590	-159,835	2,784	5,435
st 6	-58,199	148,733	0,000	-148,733	1,695	27,790
st 5	-47,942	132,061	0,000	-132,061	0,250	37,604
st 4	-37,684	109,697	0,000	-109,697	-0,699	36,410
st 3.5	-32,555	97,091	0,000	-97,091	-0,243	33,221
st 3	-27,426	83,560	0,000	-83,560	-0,706	30,749
st 2.5	-22,297	69,075	0,000	-69,075	-1,098	26,080
st 2	-17,168	54,354	0,000	-54,354	-1,297	19,727
st 1.5	-12,040	40,225	0,000	-40,225	-0,967	14,107
st 1	-6,911	27,405	0,000	-27,405	-1,138	8,669
st 0.5	-1,782	21,224	0,000	-21,224	-1,261	2,493
st 0	3,347	5,537	0,000	-5,537	-0,070	0,037
st -0.1	4,629	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009
st -0.2	5,911	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006
st -0.3	7,194	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003
st -0.5	8,476	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



8.4 Llegada a puerto en lastre.

En esta situación de carga el buque va en lastre, además por tratarse de la llegada a puerto los consumos se encuentran al 10 %.

Draft Amidsh. M	7,180
Displacement tonne	23019
Heel to Starboard degrees	
Draft at FP m	6,987
Draft at AP m	7,391
Draft at LCF m	7,167
Trim (+ve by stern) m	0,462
WL Length m	184,823
WL Beam m	27,700
Wetted Area m^2	5603,503
Waterpl. Area m^2	3809,442
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	-4,578
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-2,754
KB m	5,459
KG m	8,763
BMt m	9,772
BML m	341,595
GMt m	3,459
GML m	338,349
KMt m	15,295
KML m	346,894
Immersion (TPc) tonne/cm	32,815
MTc tonne.m	431,613
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	2894
Max deck inclination deg	0
Trim angle (+ve by stern) deg	0

8.4.1 Coordenadas puntos de carga.

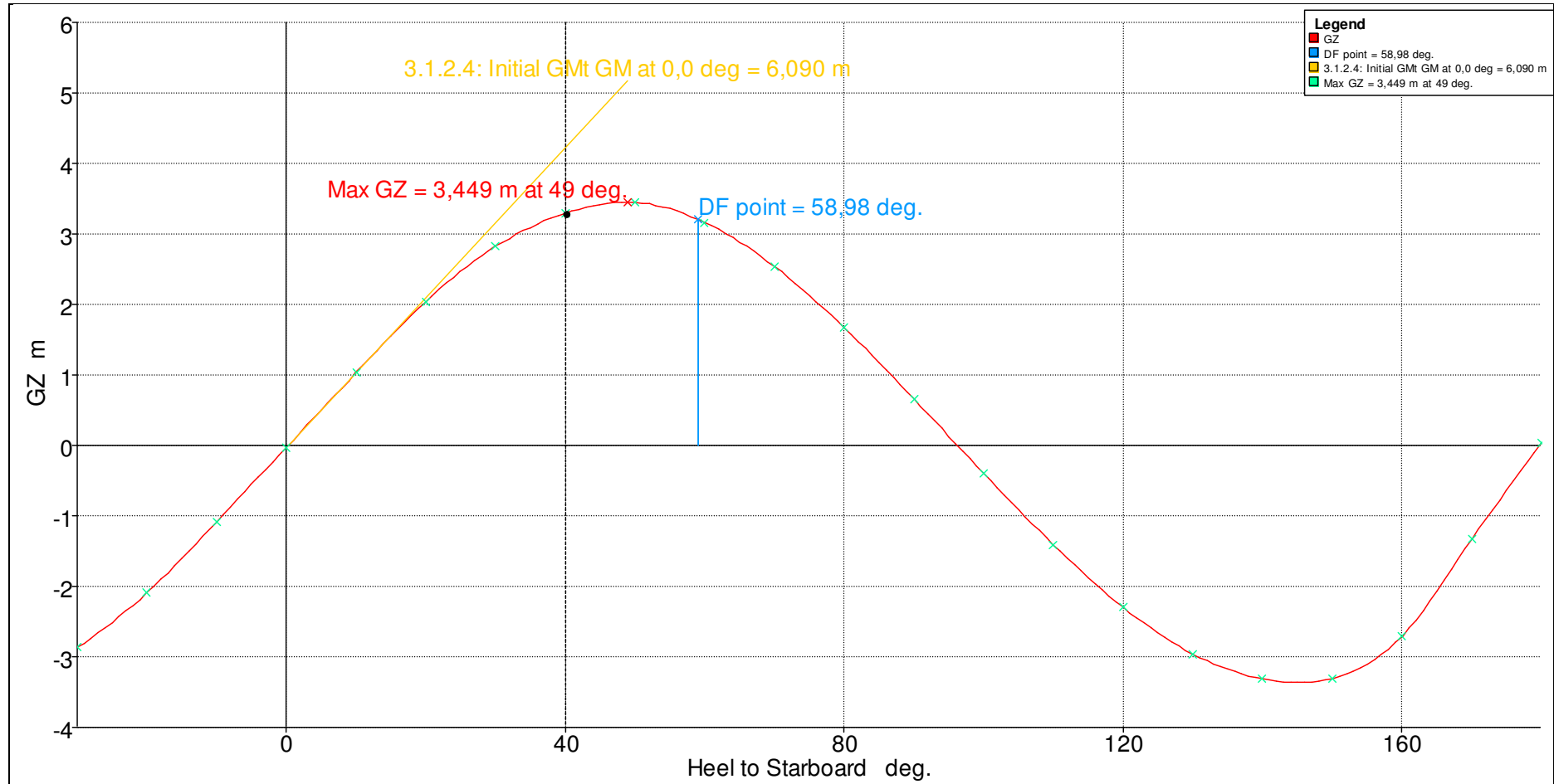
Item Name	Quantity	Weight tonne	Long.ARM m	Vertical arm	Trans. Arm
Peso Rosca	1	10852	-110,3	7,8	0
Cargos y Pertrechos	1	25	-164	16,9	0
Tripulación	1	3,1	-164	19	0
Elementos estiba	1	20	-91	16,9	0
Víveres	1	25	-164	-16,9	0
1 TL Stbd	0	407,4	-34,6	5,95	10,40
2 TL Stbd	0	344,835	-49,1	5,95	13,000
3 TL Stbd	0	373,935	-63	5,95	13,000
4 TL Stbd	0	221,85	-78,1	5,95	13,000
5 TL Stbd	0	243,6	-92,6	5,95	13,000
6 TL Stbd	0	247,95	-107,1	5,95	13,000
7 TL Stbd	0	253,75	-121,6	5,95	13,000
8 TL Stbd	0	456,75	-136,1	5,95	13,000
1 TL Port	0	407,4	-34,6	5,95	-10,400
2 TL Port	0	344,835	-49,1	5,95	-13,000
3 TL Port	0	373,935	-63,6	5,95	-13,000
4 TL Port	0	221,85	-78,1	5,95	-13,000
5 TL Port	0	243,6	-92,6	5,95	-13,000
6 TL Port	0	247,95	-107,1	5,95	-13,000
7 TL Port	0	253,75	-121,6	5,95	-13,000
8 TL Port	0	456,75	-136,1	5,95	-13,000
Piqué de proa	0	1275	0	8,4	0,000
Piqué de popa	0	897	-173,8	5,8	0,000
1 CTR Stbd	0	197,715	-26,3	9,37	3,800
2 CTR Stbd	0	249,9	-40,85	9,37	5,100
3 CTR Stbd	0	283,71	-55,4	9,37	6,300
4 CTR Stbd	0	298,41	-69,95	9,37	6,300
5 CTR Stbd	0	307,23	-84,5	9,37	6,300
6 CTR Stbd	0	308,7	-99,05	9,37	6,300
7 CTR Stbd	0	302,085	-113,6	9,37	6,300
8 CTR Stbd	0	284,445	-128,15	9,37	6,300
9 CTR Stbd	0,1	270,48	-142,7	9,37	6,300
1 CTR Port	0	197,715	-97,923	9,37	-3,800
2 CTR Port	0	249,9	-97,923	9,37	-5,100
3 CTR Port	0	283,71	-97,923	9,37	-6,300
4 CTR Port	0	298,41	-97,923	9,37	-6,300
5 CTR Port	0	307,23	-97,923	9,37	-6,300
6 CTR Port	0	308,7	-97,923	9,37	-6,300

Buque Portacontenedores 1750 TEU's

7 CTR Port	0	302,085	-97,923	9,37	-6,300
8 CTR Port	0	284,445	-97,923	9,37	-6,300
9 CTR Port	0,1	270,48	-97,923	9,37	-6,300
Deep Tank	1	571,4	-15	5,14	0
1 Df Stbd	0	36,0	3,7	0,9	0,7
2 Df Stbd	0	59,0	-18,3	0,9	0,9
3 Df Stbd	0	86,4	-33,3	0,9	1,57
4 Df Stbd	0	147,6	-47,3	0,9	2,6
5 Df Stbd	0	248,4	-62,3	0,9	4,4
6 Df Stbd	0	331,6	-77,9	0,9	6,2
7 Df Stbd	0	352,8	-92,7	0,9	6,7
8 Df Stbd	0	291,6	-106,5	0,9	6,5
9 Df Stbd	0	282,6	-121,1	0,9	5,2
10 Df Stbd	0	171,0	-135,9	0,9	3,2
1 Df Port	0	36,0	3,7	0,9	-0,7
2 Df Port	0	59,0	-18,3	0,9	-0,9
3 Df Port	0	86,4	-33,3	0,9	-1,57
4 Df Port	0	147,6	-47,3	0,9	-2,6
5 Df Port	0	248,4	-62,3	0,9	-4,4
6 Df Port	0	331,6	-77,9	0,9	-6,2
7 Df Port	0	352,8	-92,7	0,9	-6,7
8 Df Port	0	291,6	-106,5	0,9	-6,5
9 Df Port	0	282,6	-121,1	0,9	-5,2
10 Df Port	0	171,0	-135,9	0,9	-3,2
TACMP (Oil)	1	32	-151,2	0,9	11,5
TDAA (Oily Water)	0,5	15	-158,1	0,9	0
TDDDA (Oil)	0,5	10	-163,0	0,9	0
TSAC (Oil)	1	1,5	-165,7	9,9	0
TEAD (Water)	1	15	-168,5	9,9	9,9
TSDFO (HFO)	1	71	-158,1	9,9	-9,9
TSDFO (HFO)	1	71	-158,1	9,9	9,9
TSFO (HFO)	1	71	-158,1	9,9	-9,9
TSFO (HFO)	1	71	-158,1	9,9	9,9
TSDMO (MFO)	1	35,5	-168,5	9,9	9,9
TSMO (MFO)	1	35,5	-168,5	9,9	9,9
TAAD (Water)	1	28	-158,1	9,9	-9,9
TAAP (Water)	1	28	-158,1	9,9	-9,9
TARHFO (HFO)	0	20	-163,0	9,9	-9,9
TDAS (Oil)	1	15	-165,3	0,9	11,5
TAAC (Oil)	1	20	-168,5	0,9	11,5
TSAC (Oil)	1	20	-165,7	0,9	11,5
TRAM (Oil)	1	40	-165,7	0,9	11,5

Buque Portacontenedores 1750 TEU's

TSAC (Oil)	1	40	-165,7	0,9	-11,5
10 Bodega	0	1274	-140,6	10,24	10,24
9 Bodega	0	1482	-126	9,39	9,39
8 Bodega	0	1560	-111,4	9,07	9,07
7 Bodega	0	1560	-96,8	9,07	9,07
6 Bodega	0	1560	-82,2	9,07	9,07
5 Bodega	0	1378	-67,6	9,7	9,7
4 Bodega	0	1196	-53	10,34	10,34
3 Bodega	0	832	-38,4	11,36	11,36
2 Bodega	0	442	-23,8	12,3	12,3
1 Bodega	0	78	-9,2	14,35	14,35
1 C. sobre bodega	0	143	-9,2	17,8	17,8
2 C. sobre bodega	0	572	-23,8	17,8	17,8
3 C. sobre bodega	0	975	-38,4	17,8	17,8
4 C. sobre bodega	0	975	-53	17,8	17,8
5 C. sobre bodega	0	975	-67,6	17,8	17,8
6 C. sobre bodega	0	975	-82,2	17,8	17,8
7 C. sobre bodega	0	1118	-96,8	19,1	19,1
8 C. sobre bodega	0	1118	-111,4	19,1	19,1
9 C. sobre bodega	0	1118	-126	19,1	19,1
10 C. sobre bodega	0	1118	-140,6	19,1	19,1
C. sobre plataforma	0	1118	-140,6	19,1	19,1
				VCG=12,922	
				FS	
				Corr.=0	
				VCG	
				Fluid=12,92	
	Total Weight	23019	LCG=-94,081		TCG=0,027



8.4.2 Condiciones IMO de buques de carga general.

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30				Pass
	from the greater of				
	spec. heel angle	0	deg	0	
	to the lesser of				
	spec. heel angle	30	deg	30	
	angle of vanishing stability	90	deg		
	shall not be less than (\geq)	0,055	m.rad	0,700	Pass

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40				Pass
	from the greater of				
	spec. heel angle	0	deg	0	
	to the lesser of				
	spec. heel angle	40	deg	40	

	first downflooding angle	58,98	deg		
	angle of vanishing stability	90	deg		
	shall not be less than (\geq)	0,09	m.rad	0,790	Pass

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40				Pass
	from the greater of				
	spec. heel angle	30	deg	30	
	spec. heel angle	40	deg	40	
	first downflooding angle	58,98	deg		
	angle of vanishing stability	129,5	deg		
	shall not be less than (\geq)	0,03	m.rad	0,09	Pass

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater				Pass
	in the range from the greater of				
	spec. heel angle	30	deg	30	
	to the lesser of				
	spec. heel angle	90	deg		
	angle of max. GZ	49	deg	49	
	shall not be less than (\geq)	0,2	m	3,499	Pass
	Intermediate values				
	angle at which this GZ occurs		deg	49	

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt				Pass
	spec. heel angle	90,0	deg		
	shall not be less than (\geq)	0,150	m	6,09	Pass

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.2.2: Severe wind and rolling	0,99966			
	Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$	504	Pa		
	constant: $a =$	0,99966	m		
	wind pressure: $P =$	504	m ²		
	area centroid height: $h =$	13,34	m		
	additional area: $A =$	1656			
	$H =$ vert. centre of projected lat. u'water area	4,913	m		
	cosine power: $n =$	0			

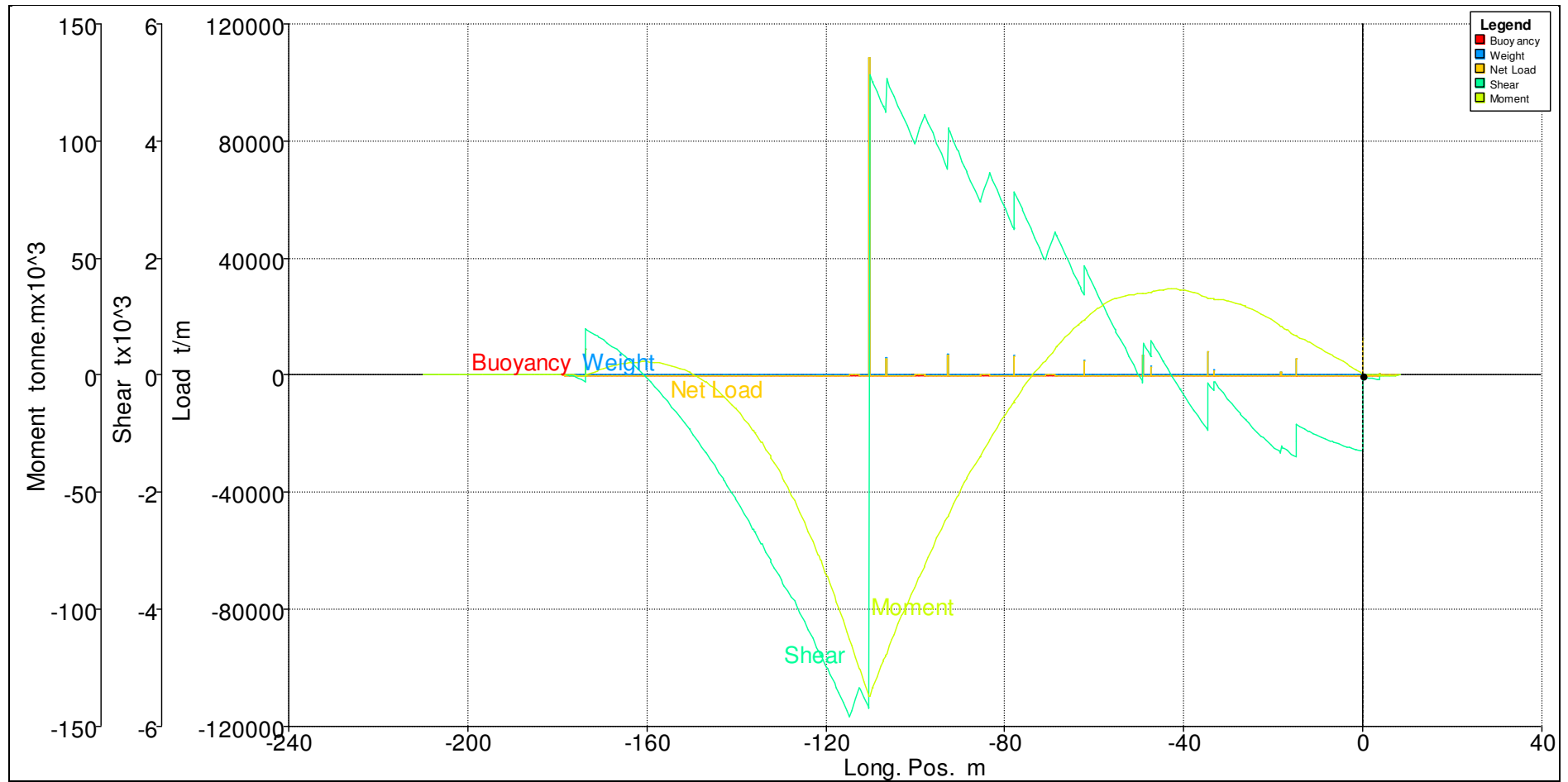
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	gust ratio	1,5			
	Area2 integrated to the lesser of				
	roll back angle from equilibrium (with steady heel arm)	25,0 (-16,4)	deg	-16,4	
	Area 1 upper integration range, to the lesser of:				

	spec. heel angle	50	deg	50	
	first downflooding angle	58,98	deg		
	angle of vanishing stability (with gust heel arm)	n/a	deg		
	Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of:				
	angle of max. GZ	42	deg	42	
	Criteria:				
	Angle of steady heel shall not be greater than (<=)	16	deg	2,5	Pass
	Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than (<=)	80	%	7,9	Pass
	Area1 / Area2 shall not be less than (>=)	100	%	229,508	Pass
	Intermediate values				
	Model windage area		m^2	1656,78	
	Model windage area centroid height		m	13,34	
	Total windage area		m^2	1656,78	
	Total windage area centroid height		m	13,34	
	Heel arm amplitude		m	0,047	

	Equilibrium angle with steady heel arm		deg	2	
	Equilibrium angle with gust heel arm		deg	2,7	
	Deck edge immersion angle		deg	29,1	
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	Area1 (under GZ), from 10,7 to 50,0 deg.		m.rad	2,513	
	Area1 (under HA), from 10,7 to 50,0 deg.		m.rad	0,156	
	Area1, from 10,7 to 50,0 deg.		m.rad	1,462	
	Area2 (under GZ), from -14,4 to 10,7 deg.		m.rad	-0,428	
	Area2 (under HA), from -14,4 to 10,7 deg.		m.rad	0,031	
	Area2, from -14,4 to 10,7 deg.		m.rad	0,732	

8.4.3 Resistencia longitudinal.

Name	Long. Pos. (m)	Buouyancy t/m	Weight t/m	Net Load t/m	Shear tx10 ³	Moment tonne mx10 ³
st 22	-210,013	0,000	3.502	0,000	0,000	0,000
st 21	-206,583	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004
st 20	-201,808	0,000	6.430	0,000	0,000	0,010
st 19.5	-196,679	0,000	26.538	0,000	0,000	0,016
st 19	-191,550	0,000	12.40	0,000	0,000	0,023
st 18.5	-186,421	0,000	24.440	0,000	0,000	0,029
st 18	-181,292	0,000	38.519	0,000	0,000	0,035
st 17	-171,035	48,228	0,000	-48,228	0,669	1,908
st 16	-160,777	79,221	0,000	-79,221	0,015	5,706
st 15	-150,519	103,312	0,000	-103,312	-0,922	1,273
st 14	-140,261	126,283	0,000	-126,283	-2,102	-14,022
st 13	-130,004	145,944	25.683	-145,944	-3,502	-42,580
st 12	-119,746	161,098	0,000	-161,098	-4,999	-85,771
st 11	-109,488	171,451	0,000	-171,451	5,007	-133,361
st 10	-99,230	177,004	10.133	223,905	4,167	-86,725
st 9	-88,973	177,960	0,000	-177,960	3,562	-45,751
st 8	-78,715	174,884	0,000	-174,884	2,627	-13,454
st 7	-68,457	167,474	0,000	-167,474	2,382	11,935
st 6	-58,199	155,629	0,000	-155,629	1,218	29,792
st 5	-47,942	138,075	0,000	-138,075	0,396	35,182
st 4	-37,684	114,583	0,000	-114,583	-0,610	35,210
st 3.5	-32,555	101,332	0,000	-101,332	-0,176	32,430
st 3	-27,426	87,127	0,000	-87,127	-0,660	30,257
st 2.5	-22,297	71,934	0,000	-71,934	-1,069	25,792
st 2	-17,168	56,488	0,000	-56,488	-1,280	19,569
st 1.5	-12,040	41,634	0,000	-41,634	-0,960	14,023
st 1	-6,911	28,042	0,000	-28,042	-1,136	8,621
st 0.5	-1,782	21,394	0,000	-21,394	-1,260	2,465
st 0	3,347	5,537	0,000	-5,537	-0,070	0,023
st -0.1	4,629	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,001
st -0.2	5,911	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,001
st -0.3	7,194	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st -0.5	8,476	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000





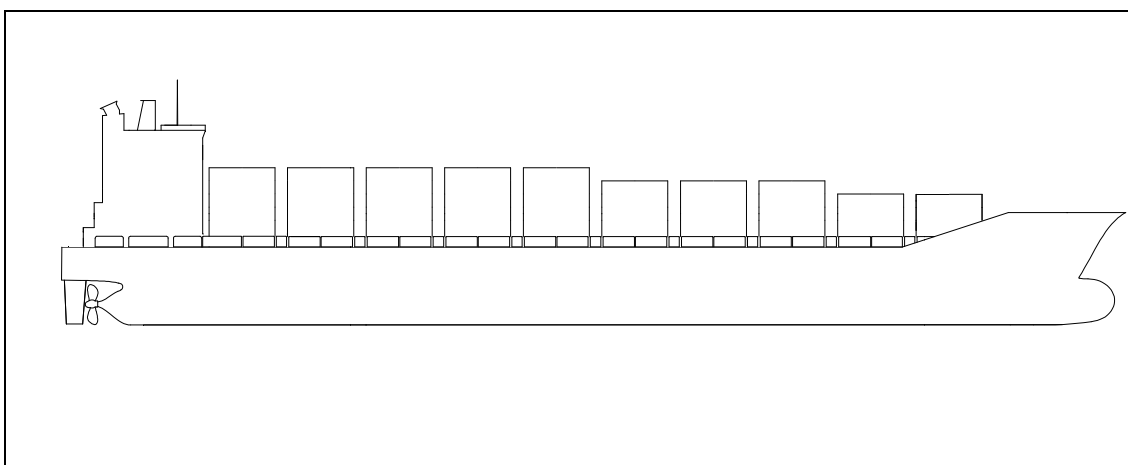
Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales

Universidad Politécnica de Madrid



Cuaderno 13

Presupuesto



Portacontenedores 1750 TEUS

Proyecto Nº 012

Realizado por:

Ismael Fernández Gil

Especificaciones del proyecto

PROYECTO NÚMERO: CA5

TIPO DE BUQUE: Portacontenedores

CAPACIDAD DE CARGA: 1750 TEU's (120 refrigerados)

PESO MUERTO: 21000 TM

SOCIEDAD DE CLASIFICACIÓN: Lloyd's Register

REGLAMENTOS: Solas, Marpol, Convenio Líneas de carga

VELOCIDAD: 22 nudos al 85% MCR en pruebas

AUTONOMÍA: 12000 millas al 90% MCR y 15% de margen de mar

TRIPULACIÓN: 25 personas

Índice.

1. Introducción.....	3
2. Estimación de costes.....	4
2.1 Casco.....	4
2.2 Instalación propulsora.....	5
2.3 Instalación auxiliar cámara de máquinas.....	8
2.4 Equipo.....	11
2.5 Maquinaria auxiliar de cubierta.....	13
2.6 Cargos pertrechos y respetos.....	13
2.7 Instalaciones.....	14
3 Coste mano de obra.....	17
4 Coste y precio del buque.....	18
5 Ayudas a la construcción naval.....	20
6 Financiación.....	21
6.1 Esquema de financiación.....	22
6.2 Devolución del crédito.....	23

1. Introducción.

Este cuaderno será el destinado al estudio de los costes de fabricación del buque, y por tanto de vital importancia tanto para el armador, que podrá comparar la oferta recibida como para el astillero, cuyos resultados financieros dependen del correcto estudio de costes.

A pesar de que además del coste en la elección del astillero elegido existen otros factores como la cartera de pedidos anteriores, calidad en las entregas, plazo, etc. el factor que cuenta con un mayor peso es el coste.

Es por ello que el coste de construcción ha de ser determinado desde una primera fase del proyecto, y poder así emitir una oferta con los beneficios que obtendrá el astillero una vez se proceda a la liquidación del buque.

Para poder llevar a cabo la correcta determinación del coste del proyecto, se realizará una discretización por partidas, siendo las más importantes las referentes a acero, armamento, motor, equipos.

Además es en este cuaderno donde se expondrán los métodos de financiación con los que contará el astillero para la construcción del buque así como las formas de pago y los plazos que se pactarán con el armador.

2. Estimación de costes.

El presupuesto será dividido en las siguientes partidas:

- Casco.
- Instalación propulsora.
- Instalación auxiliar cámara de máquinas.
- Equipo.
- Maquinaria auxiliar de cubierta.
- Cargos, pertrechos y respetos.
- Instalaciones especiales.

2.1 Casco.

En el coste del casco se consideran únicamente elementos de acero, por ello para establecer el coste del mismo se multiplicarán los kilos necesarios para construir el casco por el valor de montar, y soldar los elementos del mismo (planchas y refuerzos).

El peso del acero ha sido calculado en cuadernos anteriores y el precio por kg es obtenido del estudio de construcciones anteriores, pudiéndose basar el mismo en 5,75 €/kg.

$$\text{Coste Casco} = 5,75 \frac{\text{€}}{\text{kg}} \cdot 7828600 \text{ kg} = 45.070.400 \text{ €}$$

Este precio unitario incluye el coste de cortar, conformar montar y soldar las planchas a bordo, además de cubrir los costes generados debidos a los sobrantes de acero al realizar los cortes de las planchas.

No así el precio de los apéndices, grúas de aprovisionamiento y salvamento, escotillas y elementos del sistema propulsor y de gobierno (hélice y timón).

2.2 Instalación propulsora.

Esta partida, no sólo está formada por el motor principal, sino que en ella se incluyen todos los elementos que contemplan el sistema propulsor. Siguiendo el orden físico que se puede encontrar a bordo:

2.2.1 Motor Principal.

El coste del motor principal es facilitado por el suministrador del mismo, en este caso por WÄRTSILÄ, luego esta partida no presenta grandes problemas, aún así tiene que ser tendido en cuenta el coste de la preparación del casco para fijar el motor al mismo, y en otra partida serán incluidos los costes de los elementos auxiliares.

$$\text{Coste motor RX – flex96C} = 6.780.000,00 \text{ €}$$

2.2.2 Acoplamiento motor principal.

El siguiente elemento físico es el acoplamiento entre el motor principal y el eje, por no tratarse de un elemento fabricado en el astillero, el coste será su precio de compra, ya que la instalación del mismo correrá por cuenta del suministrador.

$$\text{Coste acoplamiento} = 8.500,00 \text{ €}$$

2.2.3 Eje.

El eje será manufacturado en el astillero, y por lo tanto ha de ser determinado el material necesario, las horas de mano de hombre y las horas de maquina necesarias para la fabricación del mismo. Conociendo su diámetro, 780 mm, y la longitud del mismo 12300 mm, resulta fácil obtener el peso, en cuanto a las horas

de hombre y de máquina necesarias para la elaboración del mismo ha de ser tenida en cuenta la experiencia.

$$\text{Coste eje} = 43.251,00 \text{ €}$$

2.2.4 Chumacera de empuje.

La chumacera de empuje será adquirida e instalada a bordo por el suministrador.

$$\text{Coste chumacera} = 22.400,00 \text{ €}$$

2.2.5 Bocina y obturadores.

El siguiente elemento necesario para la correcta instalación del sistema propulsivo es la bocina, partida en la que además ha de ser incluido el precio de los obturadores y el circuito de lubricación. El coste del mismo representa un 35 % del coste del eje, luego:

$$\text{Coste bocina y obturadores} = 15.138,00 \text{ €}$$

2.2.6 Hélice.

En cuanto a la hélice propulsora:

$$\text{Coste hélice} = 215.000,00 \text{ €}$$

2.2.7 Timón.

El timón será producido en el astillero y es otro elemento cuyo coste se obtiene a partir de las horas de producción y materiales necesarios. El coste de los materiales representa un 20% del coste de la mano de obra. Por tratarse de un

timón de 27,57 m², las horas necesarias para su elaboración son 1200, a un coste de 30 € hora, resulta:

$$\text{Coste timón} = 43.000,00 \text{ €}$$

2.2.8 Mecha.

El coste de la mecha es el 25% del coste del timón.

$$\text{Coste mecha} = 10.800,00 \text{ €}$$

2.2.9 Servotimón.

El servo también es entregado “llave en mano”, resultando:

$$\text{Coste servomotor} = 215.000,00 \text{ €}$$

Puesto que el modo de entrega es llave en mano, en el precio anterior se encuentran incluidos todos los costes derivados de conexiones del circuito hidráulico, fijación del yugo al casco, etc. Incluyendo además los respetos.

2.2.10 Hélice de maniobras.

El último elemento incluido en la partida de propulsión es la hélice de maniobra, en el precio no se encuentra incluido el valor del túnel de la hélice, pero si está incluido el valor del motor hidráulico que la acciona, los sistemas de control de la misma y el montaje abordó.

$$\text{Coste hélice de maniobras} = 315.000,00 \text{ €}$$

Resumiendo, el coste total de esta partida será:

Concepto	Coste
Motor Principal	6.780.000,00 €
Acoplamiento	8.500 €
Eje	43.251,53 €
Bocina y chumacera	15.138,04 €
Timón	43.200,00 €
Mecha	10.800,00 €
Servo	190.000,00 €
Hélice de maniobra	315.000,00 €
Total	7.405.889,57 €

2.3 Instalación auxiliar cámara de máquinas.

2.3.1 Generadores.

El grueso de esta partida está formado por los motores auxiliares, los cuales son suministrados por el fabricante WÄRTSILÄ. El generador de emergencia será incluido en la partida de instalación eléctrica. Al igual que el motor principal la entrega de los equipos será “llave en mano”, incluyendo lo anterior todas las conexiones, arrancadores de los equipos, no así la preparación de la estructura para soportar las vibraciones y fuerzas derivadas del funcionamiento de los mismos.

Coste WÄRTSILÄ AUXPAC 760W6L20 = 540.000,00 €

Así resulta un coste para las cuatro unidades montadas a bordo:

Coste motores auxiliares = 2.160.000,00 €

2.3.2 Equipo de alimentación, lubricación y refrigeración.

En esta partida se incluyen tanto las bombas, válvulas y filtros necesarios para el correcto funcionamiento de los motores instalados. Además se incluirán aquí los tanques instalados en la cámara de máquinas, comprendiendo estos los serpentines

de calefacción, conductos de llenado y vaciado, purgas y refuerzos estructurales requeridos.

El coste de cada sistema es:

Sistema de alimentación	15.800,00 €
Sistema de refrigeración	38.800,00 €
Sistema de lubricación	21.500,00 €

2.3.3 Equipo de trasiego de combustible y purificación.

En esta partida se incluyen los gastos de producción de los tanques y tuberías que lo componen, además de contar con las bombas y separadoras necesarias.

Bombas de combustible	87.000,00 €
Equipo de preparación de combustible	66.000,00 €
Unidad de tratamiento de lodos	5.200,00 €
Tanques	40.000,00 €
Servicio de válvulas	10.000,00 €
Purificadoras de aceite y combustible	8.000,00 €
Resto de equipo de tratamiento	6.000,00 €

2.3.4 Equipo de vapor.

El equipo de vapor está compuesto por la caldereta de gases de escape, la caldera y el sistema de alimentación de ambos.

Caldereta de escape	75.000,00 €
Caldera	90.000,00 €
Sistema de alimentación	15.000,00 €

2.3.5 Equipo de aire de arranque.

El equipo de aire de arranque está formado por el compresor, las botellas de almacenamiento y tuberías necesarias.

Compresores de aire de arranque	11.000,00 €
Botellas de aire comprimido	9.700,00 €
Unidad de deshumificación de aire	3.900,00 €

2.3.6 Sistema de tratamientos de residuos.

En esta partida han de ser incluidos todos los elementos relativos al tratamiento de residuos, desde la incineradora, hasta la planta de tratamiento de aguas negras.

Planta de tratamiento de aguas negras	16.000,00 €
Incineradora	8.000,00 €
Servicio de sentinas	15.400,00 €

2.3.7 Equipo sanitario.

El coste del equipo sanitario es el siguiente:

Servicio de distribución de agua fría	7.200,00 €
Servicio de distribución de agua caliente	18.600,00 €
Servicio de generación, potabilización y almacenamiento de agua	13.500,00 €

2.3.8 Sistema de lastre y antiescora.

En este sistema irán incluidas todas las tuberías de lastrado, deslastrado y venteo de los tanques, así como las válvulas las cuales serán de actuación automática con el correspondiente incremento de precio. En resumen:

Tuberías	56.700,00 €
Válvulas	35.800,00 €
Bombas	48.900,00 €
Filtros	3.000,00 €

2.3.9 Taller.

El taller será desglosado en la maquinaria, las herramientas que van a ser entregadas y los elementos necesarios para su montaje y estiba a bordo.

Maquinaria	20.000,00 €
Herramientas	3.000,00 €
Instalación	7.000,00 €

2.4 Equipo

En la partida de equipo irán incluidos los costes derivados de los elementos de amarre, el equipo de salvamento y contraincendios, el equipo de carga y todos los gastos asociados a la habilitación.

2.4.1 Equipo de amarre.

Está formado por los tres molinetes de proa y los tres de popa, todas las aberturas hechas en la amura para el paso de cabos como los guía-cabos San Lorenzo y gateras que han sido instalados están incluidos en la partida de acero, pero no los refuerzos estructurales realizados en el casco ni las bitas. Los molinetes serán suministrados e instalados a bordo por el suministrador, por lo que bastará conocer la oferta existente y su precio.

Las anclas y las cadenas también serán adquiridas por el astillero y la caja de cadenas ira incluida en la partida de acero

Elementos de acero	15.000,00 €
Molinetes	75.000,00 €
Anclas	80.000,00 €
Cadenas	40.000,00 €
Estachas	7.000,00 €

2.4.2 Equipo de salvamento.

Los elementos ofertados en el buque proyecto incluyen los siguientes elementos, que serán adquiridos al fabricante así como sus elementos de estiba:

Bote de caída libre	130.000,00 €
---------------------	--------------

Balsas de popa y proa	17.800,00 €
Elementos individuales	3.000,00 €

2.4.3 Sistema contraincendios.

El sistema contraincendios instalado consta de los rociadores y extintores en habilitación, las mangueras y conexiones en cubierta y el sistema de extinción por CO₂ en cámara de máquinas. Los costes relativos son:

Extintores	3.900,00 €
Mangueras	48.600,00 €
Rociadores	3.000,00 €
Sistema CO ₂	7.800,00 €

2.4.4 Equipo de carga y escotillas.

En esta partida se incluirá el coste de las escotillas, y los demás elementos del equipo de carga. Los precios desglosados de los distintos elementos incluidos en esta partida son:

Escotillas	500.000,00 €
Guías	150.000,00 €
Servicio antiescora	187.000,00 €
Indicadores de trimado	56.000,00 €

2.4.5 Equipo de navegación y comunicaciones.

Estos sistemas son totalmente subcontratados, tanto su suministro como su montaje y puesta en funcionamiento, buscándose como ha venido siendo comentado a lo largo del proyecto sistemas “llave en mano”. El coste de los mismos es:

Equipos de navegación	138.000,00 €
Equipos de comunicación	51.000,00 €

2.4.6 Habilitación.

La habilitación es una de las partidas más complicadas a la hora de presupuestar debido la variedad de elementos que se encuentran a bordo, la tendencia actual es subcontratar el montaje a bordo del mobiliario, pavimentos y revestimiento de mamparos y techos.

Así pues, esta partida queda:

Revestimientos y mobiliario	235.000,00 €
Equipamiento de cocina	30.000,00 €
Equipamiento sanitario	40.000,00 €
Equipamiento de ocio	11.000,00 €
Fonda	6.000,00 €
Equipamiento de lavandería	7.500,00 €
Ascensores	20.000,00 €

2.5 Maquinaria auxiliar de cubierta.

Entre los elementos que son incluidos en esta partida encontramos las grúas, escalas, tanto la real como la de gato para acceso del práctico. Esta partida asciende por tanto:

$$\text{Coste} = 18.980,00 \text{ €}$$

2.6 Cargos pertrechos y respetos.

La sociedad exige disponer de una hélice así como de un eje de respeto, que serán entregados por el astillero. Además se entregarán otra serie de respetos no reglamentarios. Esta partida asciende a:

$$\text{Coste} = 342.000,00 \text{ €}$$

2.7 Instalaciones.

En esta partida se incluirán los elementos de estiba, la instalación de elementos de control y automatización, la instalación eléctrica, la instalación de aire acondicionado y calefacción, la unidad de potabilización y la planta hidráulica.

2.7.1 Elementos de estiba.

Esta partida incluye los elementos de amarre entre contenedores y los “Twist-Locks” que fijan los contenedores a las tapas de las escotillas. Estos elementos no son manufacturados por el astillero y en consecuencia se coste se reduce a su coste de adquisición. Además no requieren de instalación sino que son suministrados al buque en el momento de su entrega.

$$\text{Coste} = 98.000,00 \text{ €}$$

2.7.2 Instalación de elementos de control y automatización.

A pesar de que esta partida es completamente subcontratada y montada a bordo por la industria auxiliar, su coste ha de ser desintegrado en distintos elementos, según se observa en la siguiente tabla:

Puesto de control en cámara de máquinas y puente	75.600,00 €
Mando remoto del motor principal	15.000,00 €
Alarma general	24.000,00 €
Sistema de alarmas de automatización	42.000,00 €
Control de cadenas y estepores	6.000,00 €
Indicadores y otros sensores	39.000,00 €

2.7.3 Instalación eléctrica.

Los costes de la instalación eléctrica han sido reducidos al incluir los motores auxiliares en partidas anteriores. Aún así, el coste del generador de emergencia es incluido en esta partida, así como las baterías montadas a bordo, convertidores, cuadros eléctricos, cableado, interruptores y el alumbrado, tanto de la habilitación como el de cubierta y cámara de máquinas.

Generador de emergencia	540.000,00 €
Baterías	24.000,00 €
Convertidores	66.000,00 €
Cuadros eléctricos	298.000,00 €
Cableado	6700,00 €
Interruptores	2.000,00 €
Alumbrado	79.700,00 €

2.7.4 Instalación de aire acondicionado y calefacción.

El equipo de acondicionamiento de aire es subcontratado, pero no así la instalación de los conductos de aire, que serán elaborados y montados por personal del astillero.

Equipos de calefacción y aire acondicionado	67.900,00 €
Equipo de ventilación mecánica	6.700,00 €
Conductos de aire	13.700,00 €

2.7.5 Unidad de potabilización de agua.

La unidad de generación y potabilización de agua será enteramente montada a bordo por una empresa especializada.

$$\text{Coste} = 13.600,00 \text{ €}$$

2.7.6 Planta hidráulica.

La planta hidráulica, necesaria tanto para el funcionamiento de las grúas como de molinetes hélice de maniobra y servo, será adquirida y montada por una empresa subcontratada.

$$\text{Coste} = 17.900,00 \text{ €}$$

3. Coste mano de obra.

El coste de la mano de obra depende directamente del número de horas trabajadas, algunas partidas, como la de casco y timón incluyen el precio de la mano de obra, las tareas que hayan sido llevadas a cabo por empresas subcontratadas también incluyen los costes de mano de obra. En resumen se establece que los costes de mano de obra son relativos a los trabajos de armamento.

Para establecer el número de horas trabajadas se ha recurre a la experiencia del astillero en proyectos similares, ajustando a las características concretas del buque construido.

Sin contabilizar las horas trabajadas en el buque por las empresas subcontratas, se puede afirmar que la construcción de un buque con las características descritas a lo largo de todo el proyecto suman un total de 220.000 horas.

El precio medio de la hora trabajada se puede estimar en un valor de 48 €/h, esto hace que el coste de armamento resulte:

$$\text{Coste mano de obra armamento} = 10.560.000 \text{ €}$$

En este apartado se incluyen los costes de ingeniería, gestión y pruebas, basando estos en la experiencia se puede determinar que suponen un 5 % del coste total de construcción del barco.

$$\text{Coste ingeniería} = 3.849.73,00 \text{ €}$$

4. Coste y precio del buque.

Una vez desglosado todos los precios, estos han de ser sumados en dos partidas diferenciadas, las tareas llevadas a cabo por el astillero y aquellas que son subcontratadas a la industria auxiliar. Es bien sabido que la industria auxiliar tiene unos costes más ajustados que los del propio astillero y por ello el margen aplicado al coste del astillero será inferior al margen aplicado a las tareas subcontratadas. En el primer caso el margen será del 5%, mientras que en el segundo será del 8%.

Partida	Subcontratado	Astillero
Casco		45.070.400,00 €
Equipo propulsor	7.103.500,00 €	302.389,57 €
Inst. aux cámara de maquinas	2.236.100,00 €	
Equipo de trasiego y purificación	166.200,00 €	56.000,00 €
Sistema de vapor.	180.000,00 €	
Sistema aire de arranque	24.600,00 €	
Sistema de tratamiento de residuos	24.000,00 €	15.400,00 €
Equipo sanitario		39.300,00 €
Equipo de lastre		144.400,00 €
Taller		30.000,00 €
Equipos	195.000,00 €	15.000,00 €
Salvamento	150.800,00 €	
Contraincendios.	3.900,00 €	59400,00 €
Equipo de carga	687.000,00 €	206.000,00 €
Navegación y comunicaciones	189.000,00 €	
Habilitación	384.300,00 €	
Cargos y pertrechos	342.000,00 €	
Elementos de estiba		98.000,00 €
Elementos de control y automatización	201.600,00 €	
Instalación eléctrica	630.000,00 €	386.400,00 €
Instalación de acondicionamiento de aire	67.900,00 €	20400
mano de obra	10.560.000,00 €	
Ingeniería	3.849.730,00 €	
Total	29.126.030,00 €	47.115.289,57 €

La facturación, una vez aplicados los márgenes mencionados anteriormente asciende a:

Total = 80.927.000,00 €

5. Ayudas a la construcción naval.

La industria de la construcción naval es un sector que cuenta con diversas ayudas dichas ayudas han de ser aprovechadas, de tal manera que repercutan directamente en una reducción del precio final del buque construido, y por tanto incrementen la competitividad de las ofertas emitidas. Estas ayudas pueden ser clasificadas en:

- Ayudas directas.
- Ayudas indirectas.
- Ayudas de formación, investigación y desarrollo.

Las ayudas directas se basaban en los últimos años en el mecanismo defensivo temporal. La presentación de expedientes tenía como fecha límite el 31 de marzo de 2005 y estaba dirigida a tipos de buques muy específicos.

Las ayudas indirectas engloban las garantías y apoyos estatales a la financiación de buques afectando tanto al astillero como al armador. La legislación europea permite una total flexibilidad en la aplicación de la ayuda, de tal manera que cada gobierno pueda modular la ayuda de la forma más eficiente.

Las condiciones de ayuda en la actualidad son:

- Créditos a largo plazo.
- Apoyo oficial para la obtención de garantías complementarias a las hipotecas de préstamos.
- Ayudas dirigidas a la reestructuración de la industria, cuyo fin es una mejora de la competitividad.

Las ayudas de I+D no se pueden considerar como ayudas a la construcción de un buque concreto, sino que su fin es mejorar los métodos de producción para alcanzar un producto con un mayor valor añadido a un coste menor.

6. Financiación.

La forma de financiar un buque depende de factores muy diversos como la capacidad económica de la empresa compradora, el acuerdo con la entidad financiera, el país donde se realice la operación y su normativa en materia fiscal al respecto. Pese a tal libertad, se establecerá un posible método de financiación.

Debido al tipo de inversión, característico tanto por la cuantía como por el bien de que se trata, con capacidad para desplazarse y con elevadísimos costes de explotación, el mecanismo de financiación no suele recaer sobre la misma entidad. De esta forma, el pago del mismo suele desglosarse en dos partidas:

- El armador aporta con sus fondos propios una parte del precio del buque con sus fondos propios.
- El resto de la cuantía es financiado por medio de un crédito. El mecanismo de concesión del crédito dependerá de las garantías que se le ofrezcan a la entidad financiadora. Por lo tanto se puede encontrar garantías hipotecarias, o bien garantías complementarias, en las que bienes distintos al buque se ofrecen como garantía.

La garantía hipotecaria encuentra problemas derivados de la movilidad del buque y de su posibilidad de cambiar de nombre, registro, bandera, etc. En la actualidad esta garantía no suele cubrir más del 60% del total, el resto ha de ser garantizado mediante bienes complementarios. Estas pueden ser los propios contratos de fletamento o arrendamiento de que disponga el armador o bien las ayudas indirectas antes mencionadas.

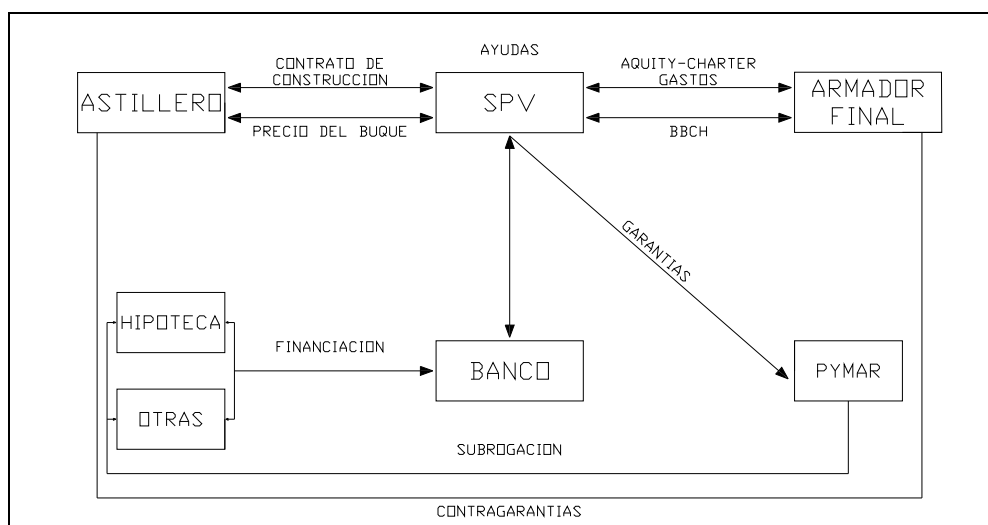
Es destacable la garantía de crédito subsidiario, destinado a armadores comunitarios y donde puede llegarse a financiar un 80% del precio del buque. El tipo de interés es el EURIBOR + 0,75% a un plazo máximo de 14 años y con 2 años de carencia.

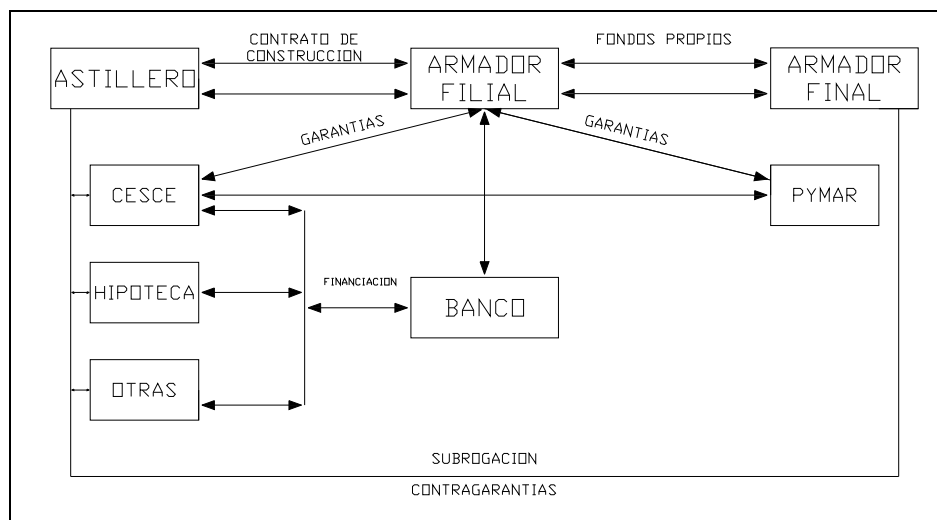
El interés es independiente de la moneda en la que se expida el crédito y el Estado abona hasta un punto de la subvención. Esta subvención se va pagando, en principio, trimestralmente por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Para poder disponer de dicha subvención a la entrega del buque se ha ideado un complejo esquema financiero para que los Bancos minimicen el riesgo y financien la operación. Así el banco paga a la entrega el Valor Actualizado Neto de la operación.

También ha de ser destacado el crédito con garantía estatal, destinado únicamente a armadores nacionales, en el cual es financiado un 80% del precio del buque. El tipo de moneda es la Tasa Interna de Rendimiento de la moneda a un plazo máximo de 8,5 años y sin carencia.

6.1 Esquema de financiación.

A continuación se presentan diversos esquemas de financiación, pero debido a la naturaleza de la industria naval, estos modelos no son rígidos, sino que son modificados para cada contrato.





7. Devolución del crédito.

La devolución del crédito puede ser siguiendo cualquiera de los tres sistemas siguientes:

- Sistema francés, intereses son decrecientes y pago del capital creciente, pero manteniendo las cuotas constantes.
- Sistema alemán, los intereses son decrecientes sobre el saldo y pago del capital constantes, y en consecuencia las cuotas varían de forma decreciente.
- Sistema americano, los intereses son constantes y el pago del capital es único en una cuota final.

Debido a sus características se empleará el sistema francés, de esta forma, puesto que el capital a financiar es el 80% del valor del buque, las anualidades del préstamo vienen dadas por la siguiente expresión:

$$Anualidad (A) = \frac{Capital\ del\ Prestamo}{\left(\frac{1 - (1 + i)^{-n}}{i}\right)}$$

Siendo:

- n: Número de periodos
i: Tasa de interés

Solicitando un crédito subsidiario por un plazo de 12 años con un interés del 2,35% por valor del 60% del precio del buque, junto con un crédito con garantía estatal, por 8,5 años y un interés del 3,77% para el 20% restante del valor del buque.

El montante anual a pagar es el siguiente:

Precio del buque	100%	80.927.166,45 €
Desembolso Inicial	20%	16.185.433,29 €
Capital financiado	80%	64.741.733,16 €
Crédito Subsidiario	80%	38.845.039,89 €
Anualidad	12	3.752.580,98 €
Crédito con garantía estatal	20%	12.948.346,63 €
Anualidad	8,5	1.808.723,93 €

Durante los 8,5 primeros años, la anualidad a pagar es de

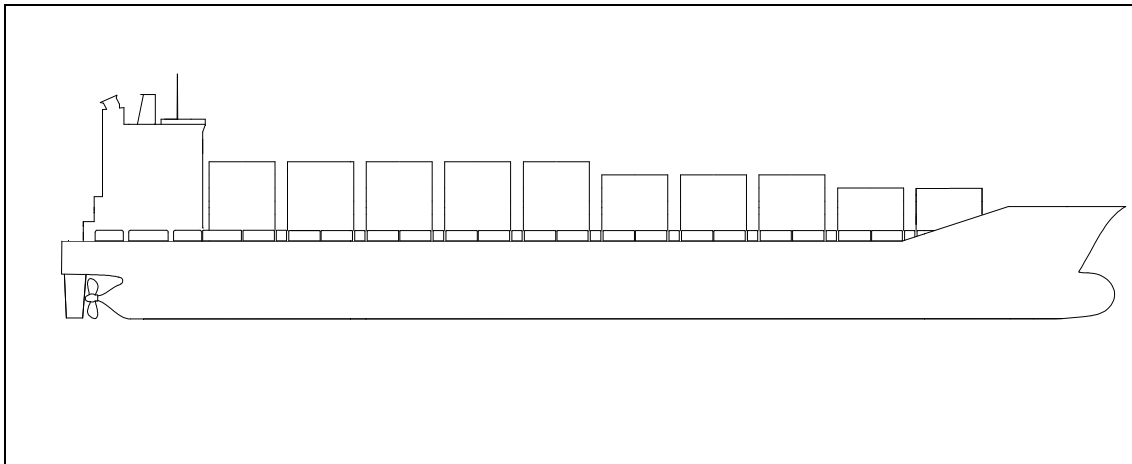
$$Anualidad = 5.561.304,00 \text{ €}$$

Y durante los siguientes 3,5 años simplemente la anualidad del crédito subsidiario.



Cuaderno 14

Memoria Final



Portacontenedores 1750 TEUS

Proyecto Nº 012

Realizado por:

Ismael Fernández Gil

Especificaciones del proyecto

PROYECTO NÚMERO: CA5

TIPO DE BUQUE: Portacontenedores

CAPACIDAD DE CARGA: 1750 TEU's (120 refrigerados)

PESO MUERTO: 21000 TM

SOCIEDAD DE CLASIFICACIÓN: Lloyd's Register

REGLAMENTOS: Solas, Marpol, Convenio Líneas de carga

VELOCIDAD: 22 nudos al 85% MCR en pruebas

AUTONOMÍA: 12000 millas al 90% MCR y 15% de margen de mar

TRIPULACIÓN: 25 personas

Índice

1. Análisis de los requisitos.....	3
2. Descripción de los cuadernos.....	4
2.1 Dimensionamiento.....	4
2.2 Formas.....	4
2.3 Disposición general.....	5
2.4 Cálculos de arquitectura naval.....	5
2.5 Predicción de potencia.....	6
2.6 Planta propulsora.....	6
2.7 Equipos y servicios.....	7
2.8 Planta eléctrica.....	8
2.9 Resistencia estructural.....	8
2.10 Peso y centro de gravedad.....	9
2.11 Situaciones de carga y resistencia longitudinal.....	9
2.12 Presupuesto.....	10
3. Cierre.....	12

1. Análisis de los requisitos.

Una vez la especificación de un proyecto a sido recibida por un astillero, éste ha de ceñirse a la misma y optimizar el buque proyectado, de tal manera que cumpla con los requisitos demandados por el armador, consiguiendo además que el producto final tenga un coste de producción mínimo y además que éste sea rentable y lo más eficiente posible.

Cumplir con los requisitos del armador no entraña ninguna complicación, la capacidad del buque es una cuestión de sobredimensionar el buque, el reto se encuentra en minimizar el tamaño del buque y conservar la capacidad de carga. Esto reducirá por un lado los costes de producción, las necesidades de materiales disminuyen, y por otro los costes de explotación también serán menores.

En cuanto a las formas del buque, ligadas de forma directa con la resistencia del buque, un correcto estudio de las mismas permitirá optimizar la potencia demandada del motor principal y poder dar la velocidad exigida en la especificación con el mínimo gasto de consumos.

La autonomía, otro punto contemplado en la especificación, está ligada al estudio de los consumos que ha de afrontar el buque. Esta no supondrá ningún problema mientras se construyan el número óptimo de tanques. Los tanques que tienen un mayor peso en este aspecto son los de combustible, reduciendo la resistencia, se reducen la potencia demandada y en consecuencia la capacidad de los tanques.

2. Descripción de los cuadernos.

2.1 Dimensionamiento.

El dimensionamiento del buque fue obtenido a través de una base de datos. La base de datos fue limitada por la capacidad de carga y antigüedad de los buques. En caso de disponer de suficientes datos, otros criterios podrían ser incorporados, como es el caso de la relación velocidad-potencia, dimensiones, etc.

Una vez cerrada la base de datos, el estudio fue centrado en las variables que podían ser modificadas de tal forma que los requerimientos del armador se mantuviesen intactos.

De las alternativas elegidas, los criterios seguidos para proceder a la elección de la mejor de las alternativas fueron los siguientes:

- Estabilidad.
- Potencia demandada
- Capacidad de carga

2.2 Formas.

Una vez obtenidas las dimensiones, y con el uso de programas informáticos, se obtienen las formas del buque, y se garantiza que las mismas sean capaces de alojar la carga que se espera transportar.

Por tratarse de carga discretizada, las formas de proa y popa han de ser modificadas hasta que sean capaces de alojar los contenedores en las bodegas de proa y popa. Posteriormente se procedió al alisado del casco evitando de esta manera que este pudiese tener abolladuras.

Luego es en estos dos cuadernos en los que queda determinada la eficiencia del proyecto, puesto que en la fase de dimensionamiento se minimizaron excesivamente las dimensiones del buque, fue necesario apartarse de la espiral del proyecto, y regresar al dimensionamiento como consecuencia de falta de capacidad de carga.

2.3 Disposición general.

El siguiente paso fue trazar todos los planos de disposición general, definiendo todos los espacios del buque, desde las bodegas de carga, hasta los tanques y necesidades de habilitación.

Para llevar a cabo tal disposición, se utilizó como buque base el “MV MUSCAT BAY”. Se empleo este buque puesto que su capacidad de carga es muy similar a la del buque en proyecto, en consecuencia sus dimensiones son aproximadas. La disposición general vino determinada por:

- La disposición de bodegas viene determinada por las dimensiones del buque, y sus formas han de permitir la correcta estiba de la carga. El estudio de la separación entre refuerzos, permitió que las cargas puntuales máximas descansan sobre estos.
- Los tanques, tanto de lastre y combustible han de permitir el correcto trimado y escora del buque, y garantizar la autonomía del buque.
- La cámara de máquinas, situada en popa, viene condicionada por el tamaño de los motores y ha de ser tal que permita que en ella se realicen los trabajos de mantenimiento tanto en el motor como en los equipos instalados en ella.
- En cuanto a la habilitación, se distribuyo de tal forma que los camarotes de los tripulantes fuesen individuales, y se cumplió con otra serie de requerimientos, como la localización del hospital o el local de las baterías y del generador de emergencias.

2.4 Cálculos de arquitectura naval.

Estos cálculos fueron realizados con el módulo “Hidromax” del programa “Maxsurf”.

Con este programa se calculan las características hidrostáticas, los brazos adrizamiento y la calibración de tanques.

Además en este cuaderno se incluyen los cálculos de francobordo y de arqueo este último necesario debido a la finalidad mercantil del buque en proyecto.

2.5 Predicción de potencia. Diseño de propulsor y timón.

En este cuaderno se selecciona el conjunto propulsivo necesario para dotar al buque de la potencia necesaria para poder entregar la velocidad demandada en la especificación. La hélice, que fue calculada mediante el criterio de Keller, se encontraba desde las primeras estimaciones dentro de los límites exigidos para su correcto funcionamiento al ser instalada en una popa con las características de la definida en el cuaderno 2. De esta manera se garantiza el cumplir con el ciclo definido inicialmente de la espiral de proyecto.

A la hora de determinar las características del timón, y con el fin de obtener un perfil eficiente, el proceso seguido para su diseño, fue variar todas las variables entre los límites considerados como “aceptables” por el Doctor D. Antonio Vaquero. Una vez estudiadas todas las alternativas, estas fueron filtradas hasta obtener el perfil incorporado al buque.

Por otro lado, los límites en cuanto a huelgos se refiere impuestos por la sociedad de clasificación para el perfil del codaste, fueron cumplidos desde un primer momento. A pesar de ello, la distancia entre la hélice y el casco se encontraba muy próxima al límite inferior. Para remediarlo, Las formas del casco fueron ligeramente modificadas, aumentando, en la medida de lo posible, y sin afectar otros parámetros tal distancia.

2.6 Planta propulsora.

Este cuaderno trata todos los sistemas instalados en la cámara de máquinas, por ello es de vital trascendencia en la implicación del precio final. La elección del motor

principal instalado a bordo, cuyo coste representa aproximadamente un 8% del precio final del buque, no pudo ser comparada con un mayor número de fabricantes debido a la finalidad formativa del proyecto y la escasa oferta en documentación referente a motores marinos de las características requeridas. A pesar de ello la comparación se realizó entre los dos principales fabricantes del mercado y por tanto se garantiza la asistencia y la disponibilidad de repuestos a nivel global. Dejando de esta manera, en un tercer plano el coste del motor en la priorización de los criterios de la elección.

En cuanto a la espiral de proyecto, en este cuaderno, se dejó a un lado todos los aspectos referentes a los motores auxiliares, debido a la falta de datos de la demanda de energía con la que contaría el buque en las diferentes situaciones de navegación. Por ello se elaboró una hoja de cálculo que sería completada una vez conocida la especificación de la planta generadora. En esta hoja de cálculo se determinaron los requerimientos de tanques de combustible para cumplir con la autonomía, capacidades de bombas, gasto másico de vapor, etc.

2.7 Equipos y servicios.

Por tratarse de un carguero, este cuaderno no presenta ninguna particularidad, los equipos instalados responden a los elementales instalados en cualquier otro tipo de buque. En éste se detallan los elementos de amarre y fondeo, los sistemas de salvamento instalados a bordo, el equipo de gobierno, comunicación y ayuda a la navegación, el equipo de carga y aprovisionamiento, siendo las exigencias del convenio SOLAS y el reglamento MARPOL.

Los equipos y servicios tiene una alta importancia en la funcionalidad del buque, el estudio de los cuadernos anteriores darán como fruto un barco con formas suaves y capaces de alojar la carga deseada, pero es en este capítulo en el que quedan determinados los elementos claves que dotarán al buque de toda su funcionalidad.

Además yendo un paso más allá, a la hora de llevar a cabo la construcción del buque cuyo fin se persigue, la mayoría de equipos instalados a bordo son adquiridos por el departamento de aprovisionamiento, luego es necesario disponer de información

acerca de la disponibilidad y plazos de entrega de los elementos que serán instalados posteriormente a bordo.

2.8 Planta eléctrica.

El balance eléctrico del buque, se realiza para distintas situaciones eléctricas de carga. Las situaciones estudiadas fueron navegación, fondeo, puerto y situación de emergencia.

Además en este cuaderno se estudia las ventajas de instalar a bordo una frecuencia u otra. El hecho de intentar dotar al buque de la mayor versatilidad ha llevado a la elección de 60 hz, con una tensión de 440 V. Puesto que esta es la tendencia seguida en los últimos años.

La configuración de la red es de tipo árbol, de manera que, del cuadro principal salen una serie de líneas a unos cuadros primarios, y de éstos, a su vez varias líneas para alimentar a los secundarios, y así sucesivamente. Este tipo de configuración permite una reducción de costes debido a que cada línea será dimensionada teniendo en cuenta las intensidades totales de los distintos consumidores a los que alimenta.

La distribución usada a bordo se basa en una red trifásica, existiendo sólo líneas terminales en monofásica para pequeños consumidores de alumbrado a 230 V. El tipo de conexión usual en buques es la de red trifásica con neutro aislado, tanto en la red de potencia 440 V, como en la de alumbrado a 230 V.

2.9 Resistencia estructural.

La estructura del buque de proyecto será longitudinal, de acuerdo con la observación de buques similares al de proyecto. Es de mencionar, que este tipo de buques, debido a las grandes aberturas de las que dispone ha de ser reforzado convenientemente para prevenir al mismo de excesivo momento torsor.

Los pasos seguidos en la elaboración de este cuaderno fueron:

- Descripción de la estructura.
- Justificación de materiales.
- Requisitos del LRS en la sección maestra.
- Requisitos específicos para portacontenedores del LRS.
- Escantillonado mínimo reglamentario.
- Resistencia general.

2.10 Pesos y centro de gravedad.

Para determinar el peso del acero se ha desglosado toda la estructura en distintas partidas como es habitual. En el cálculo del peso de la maquinaria, de la habilitación y equipos se ha empleado expresiones empíricas o datos suministrados por los fabricantes.

Tal y como reza en el cuaderno, la desviación entre la estimación inicial, realizada en el cuaderno número 2 relativo al dimensionamiento, y la obtenida tras un análisis más exhaustivo tan solo es de un 3%.

Esto permite garantizar una cierta fiabilidad del resultado, por un lado del obtenido con fórmulas empíricas, y por otro de un desglose correcto de los pesos.

2.11 Situación de carga y resistencia longitudinal.

En este cuaderno, y para poder llevar a cabo tal evaluación, se consideraron unos criterios capaces de garantizar la seguridad operacional del buque, reduciendo al mínimo los riesgos para este, la tripulación y el medio ambiente. Para ello, han sido tenidos en cuenta la distribución de pesos a lo largo de la eslora, tanto del peso en rosca, el peso muerto y las diversas situaciones de estabilidad que pueden dar lugar los distintos llenados de los tanques de lastre.

Los requisitos han sido clasificados en dos grupos:

- Requisitos de estabilidad intacta. (Resolución A 749 de la OMI)
- Requisitos de estabilidad después de averías. (Convenio SOLAS, Capítulo II-1)

Finalmente se realizó un estudio de la compatibilidad de las situaciones de carga con la resistencia estructural del buque viga analizada en cuaderno 10.

2.12 Presupuesto.

El último cuaderno, destinado al estudio de los costes y la forma de financiación, a pesar de contar con escasos estudios técnicos, es en el que el astillero se ve expuesto a los riesgos más elevados. Errores en los cálculos de los costes o bien elevarán la monta final, suponiendo esto la pérdida de competitividad frente a la competencia, o bien no permitirán alcanzar los beneficios deseados, en el mejor de los casos, pudiendo incluso suponer la construcción del buque pérdidas para el astillero.

Los costes de producción son función de la gestión del astillero. Y por ello el astillero ha de contar con una estructura organizativa que le permita rendimientos productivos elevados. Es por ello por lo cual la partida de sistemas y equipos subcontratados a la industria auxiliar es tan elevada, respondiendo de esta manera a la tendencia actual seguida por el sector.

De esta forma es posible que el buque sea construido por multitud de empresas con un alto grado de especialización y por tanto capaces de entregar a la cadena productiva un artículo con un ratio calidad-precio más elevado que el producido por el astillero.

Para poder llevar a cabo los cálculos con la mayor precisión posible, es necesario disponer de datos de construcciones anteriores. Es fundamental contar con una base de datos en la cual aparezca el número de horas requeridas en cada bloque con las mismas técnicas productivas con las que se construirá el buque. Así pues, en la partida de acero, por tratarse de la de mayor coste, esta puede ser dividida en la zona de proa y popa, con

complejas curvaturas en las formas y en el cuerpo central. Generando una elevada precisión a la hora de realizar los cálculos.

En cuanto al buque proyectado se refiere, este es una mera empresa, y como tal tiene fines comerciales. Para que esta empresa sea eficiente durante un largo periodo, además de contar con avances tecnológicos ha de tener costes mínimos que permitan que la inversión sea amortizada en el menor tiempo posible. Como ya fue expuesto en el cuaderno será determinante para que el proyecto sea asignado al astillero en cuestión, que además de ofrecer un precio competitivo, se ofrezca una garantía de calidad en el trabajo final.

3. Cierre.

La metodología empleada desde el inicio del proyecto hasta la culminación del mismo, lleva aparejada un gran número de herramientas. Algunas de ellas de carácter empírico, pero otras muchas de tendencia informática.

Todos estos soportes informáticos simplifican notablemente el trabajo requerido, pero por otro lado requieren de un correcto conocimiento de uso además de ser fundamental disponer de un criterio capaz de garantizar la veracidad de los resultados emitidos por el programa.

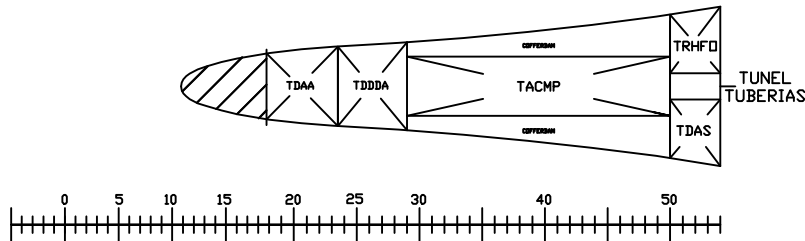
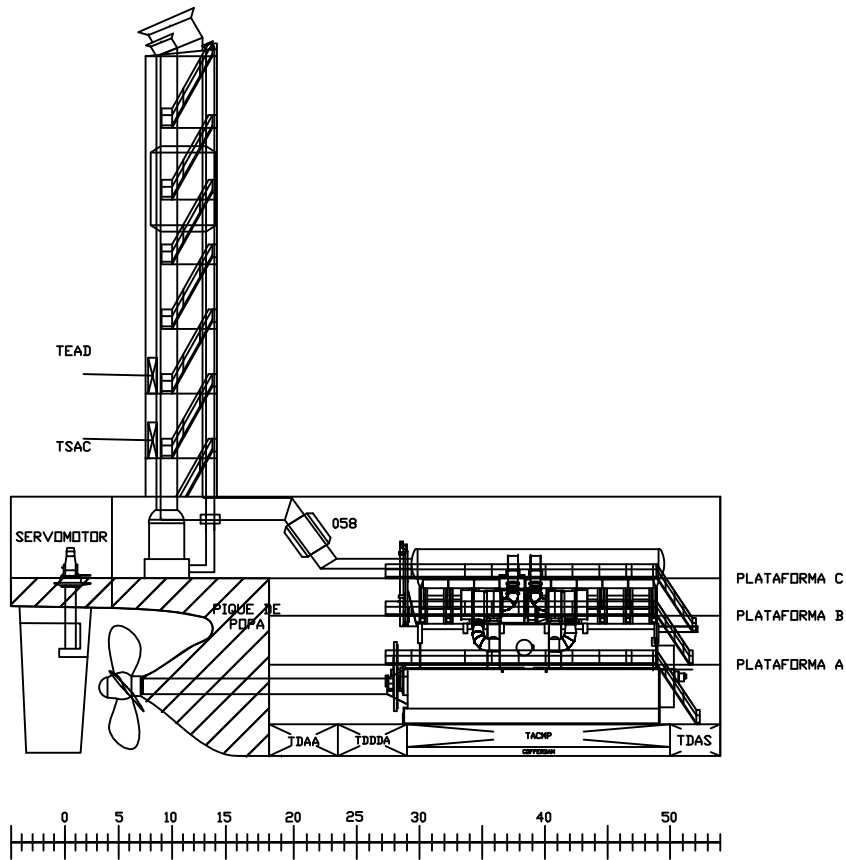
En consecuencia, tanto el aprendizaje del uso de programas como el análisis de los resultados han de ser considerados los dos grandes problemas a los que se enfrenta un proyectista novel. De ahí que la estimación inicial haya sido revisada en numerosas ocasiones antes de considerar los datos como válidos, generando así, una ligera desviación de la espiral de proyectos expuesta en los cuadernos iniciales.

Es de mencionar pues, las dificultades apreciadas como consecuencia de la discretización de la carga a transportar por el buque en proyecto. Este tipo de carga generó tanto una modificación de las formas una vez establecidas estas (no permitían la estiba esperada de contenedores) como la modificación de la carga por bodega.

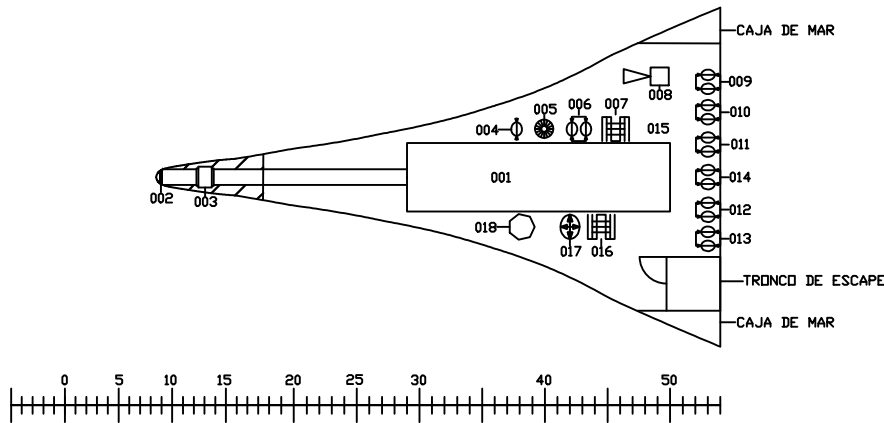
Otro punto que merece mi mención fueron las necesarias modificaciones llevadas a cabo como consecuencia de la detección de errores en la predicción de potencia. Estos errores supusieron cambios tanto en el cuaderno relativo a la predicción de potencia como en cuadernos posteriores ya entregados.

En definitiva este proyecto ha permitido al autor enfrentarse a los problemas propios de realizar el anteproyecto de un buque con prestaciones óptimas para desarrollar la actividad económica encomendada.

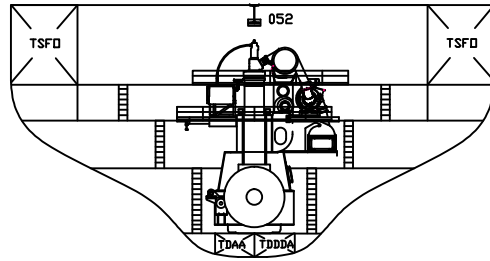
CUBIERTA PPAL



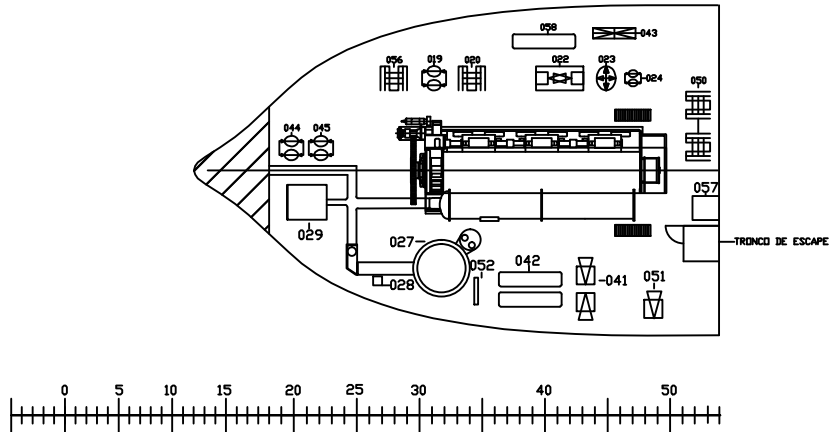
DOBLE FONDO
1800 mm SOBRE LÍNEA BASE



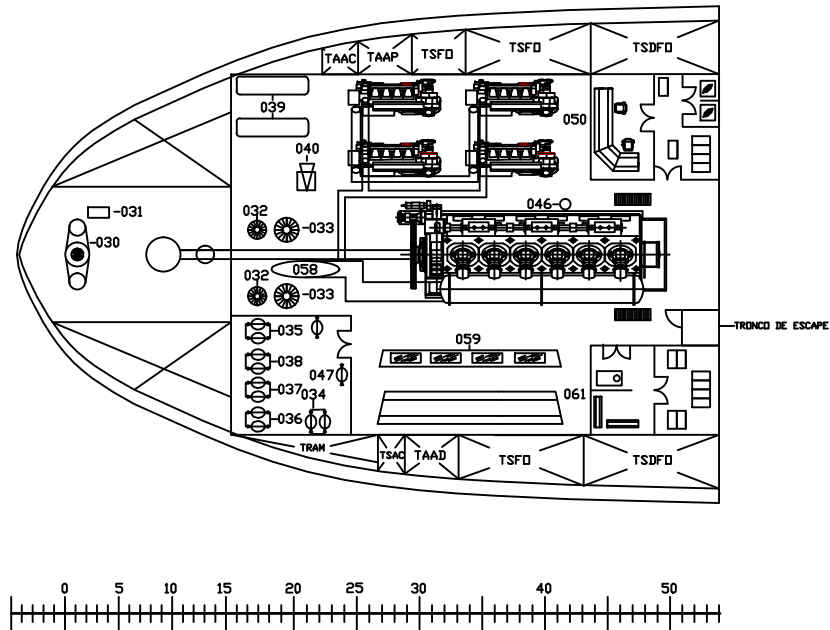
PLATAFORMA A
5100 mm SOBRE LÍNEA BASE



CUADERNA 40



PLATAFORMA B
7800 mm SOBRE LÍNEA BASE

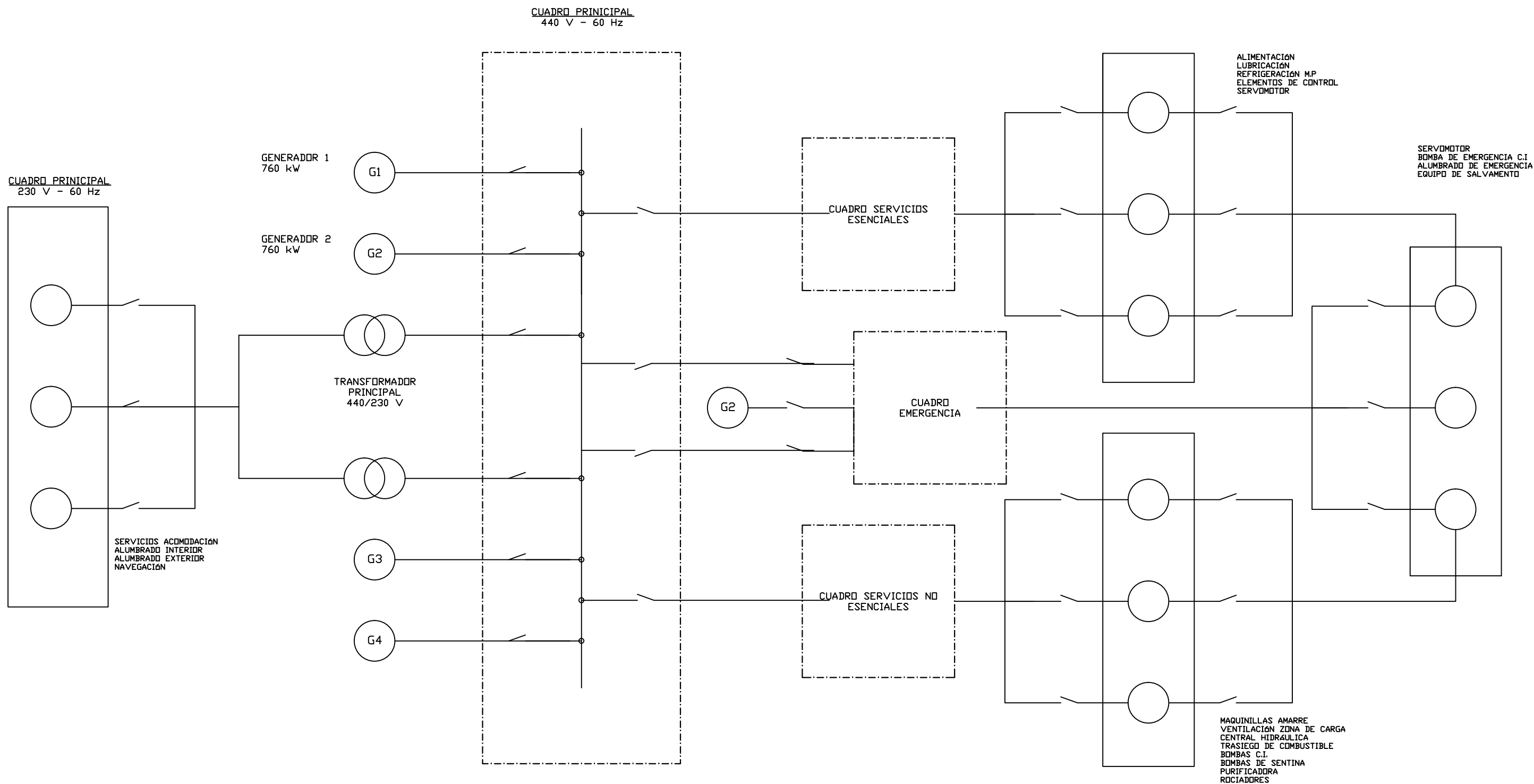


PLATAFORMA C
9900 mm SOBRE LÍNEA BASE

EQUIPOS	
001	MOTOR PRINCIPAL
002	SELLO DE PDA
003	CHUMACERA DE EMPUJE
004	BOMBA DE Lodos
005	FILTRO AUTOMÁTICO ACEITE MOTOR PRINCIPAL
006	BOMBAS CIRCULACIÓN ACEITE MOTOR
007	ENFRIADOR ACEITE LUBRICANTE MOTOR
008	EYECTOR DE LASTRE Y SENTINAS
009	BOMBAS DE LASTRE
010	BOMBAS DE BALDEO Y CONTRAINCENDIO
011	BOMBAS DE REFRIGERACIÓN DE AGUA SALADA
012	BOMBAS REFRIGERACIÓN AGUA DULCE
013	BOMBAS REFRIGERACIÓN DE PUERTO
014	BOMBA ADRIZAMIENTO ESCORA
015	ENFRIADORES CENTRALES
016	ENFRIADOR AGUA CAMISAS MOTOR PRINCIPAL
017	PRECALENTADOR MOTOR PRINCIPAL
018	UNIDAD DE PROTECCIÓN CATÓDICA
019	BOMBA CIRCULACIÓN AGUA CALIENTE
020	CALENTADOR SANITARIO
021	PLANTA POTABILIZADORA Y ESTERILIZADORA
022	UNIDAD HIDRÓFORA
023	GENERADOR DE AGUA DULCE
024	BOMBA EYECTORA GENERADOR DE AGUA DULCE
025	UNIDAD HIDRAULICA CONTROL HÉLICE PASO VARIABLE
026	MOTORES AUXILIARES
027	CALDERA DE MECHEROS
028	UNIDAD PREPARACIÓN DE FUEL PARA CALDERA DE MECHEROS
029	INCINERADOR
030	SERVOMOTOR
031	UNIDAD HIDRAULICA SERVOMOTOR
032	PURIFICADORAS MOTORES AUXILIARES
033	PURIFICADORAS MOTOR PRINCIPAL
034	BOMBA ALIMENTACIÓN PURIFICADORAS FUEL OIL
035	BOMBA ALIMENTACIÓN PURIFICADORA MDO
036	BOMBA RESERVA ALIMENTACIÓN PURIFICADORA MDO
037	BOMBA ALIMENTACIÓN PURIFICADORA ACEITE
038	BOMBA ALIMENTACIÓN SEPARADORA ACEITE M.P
039	BOTELLA AIRE DE SERVICIO
040	COMPRESOR AIRE DE SERVICIO
041	COMPRESORES AIRE DE ARRANQUE
042	BOTELLAS AIRE DE ARRANQUE
043	UNIDAD DE TRATAMIENTO DE COMBUSTIBLE
044	BOMBA SUMINISTRO DE HFO EN PUERTO
045	BOMBA MDO MOTORES AUXILIARES
046	TANQUE DESAIREACION MOTOR PRINCIPAL
047	CONDENSADOR DE VAPOR
048	BOMBA ALIMENTACION CALDERETA GASES DE ESCAPE
049	BOMBA ALIMENTACION AGUA CALDERA DE MECHEROS
050	PLANTA FRIGORIFICA GAMBUZAS
051	COMPRESOR Y CONDENSADOR AIRE ACONDICIONADO
052	ARMARIO CONTROL DE CALDERAS
053	PUENTE GRUA
054	SILENCIOSOS MOTORES AUXILIARES
055	SILENCIOSO MOTOR PRINCIPAL
056	PRECALENTADOR MOTOR PRINCIPAL
057	PLANTA DE VACIO Y TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES
058	CALDERETA GASES DE ESCAPE
059	SALA ELÉCTRICA
	CUADRO PRINCIPAL
	CUADRO SEÑALES Y AUTOMATIZACIÓN SEÑALES 24 V
	PANELES DE CONTROL
060	SALA DE CONTROL
	PANEL DE CONTROL DE MÁQUINAS
061	TALLER
	MÁQUINA DE SOLDADURA
	TALADRO VERTICAL
	PANOL DE REPUESTOS

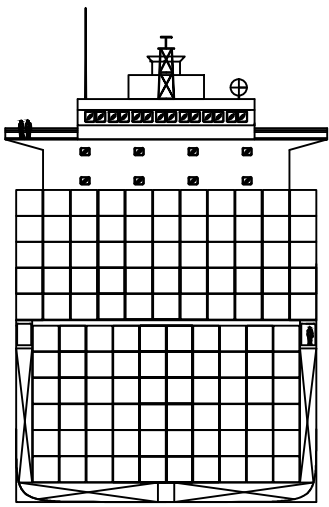
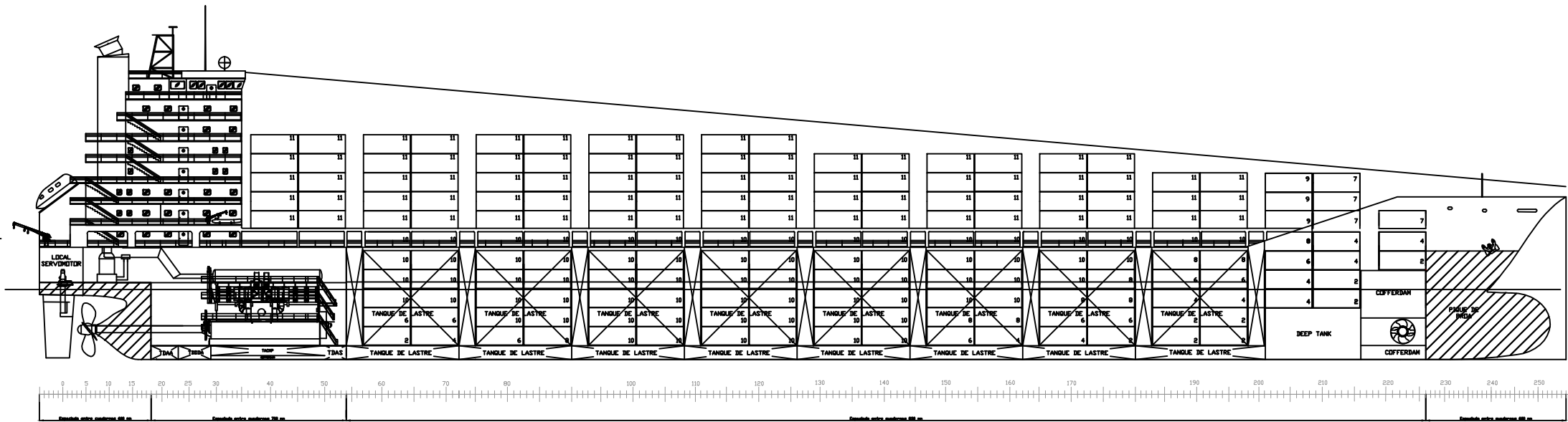
TANQUES	
TACMP	TANQUE ACEITE DE CIRCULACIÓN M.P.
TDAA	TANQUE DE AGUAS ACEITOSAS
TDDDA	TANQUE DE DERRAME DE ACEITE
TSAC	TANQUE SERVICIO ACEITE CAMISAS
TEAD	TANQUE DE EXPANSIÓN AGUA DULCE
TDDDA	TANQUE DE DERRAME DE ACEITE
TSDFD	TANQUE SERVICIO DIARIO HFO
TSFO	TANQUE SEDIMENTACIÓN HFO
TAAP	TANQUE ALMACÉN AGUA POTABLE
TAAD	TANQUE ALMACÉN AGUA DESTILADA
TAAP	TANQUE ALMACÉN AGUA POTABLE
TRHFO	TANQUE REBOSES HFO
TDAS	TANQUE DE ACEITE SUCIO
TAAC	TANQUE ALMACÉN ACEITE CAMISAS
TSAC	TANQUE SERVICIO ACEITE CAMISAS
TRAM	TANQUE RENOVACIÓN ACEITE MOTOR
TSAC	TANQUE SERVICIO ACEITE CAMISAS

ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS NAVALES	
PROYECTO NUMERO CA 5, PORTACONTENEDORES DE 1750 TEUS	ISMAEL FERNANDEZ GIL
ESCALA: 1/200	CAMARA DE MAQUINAS

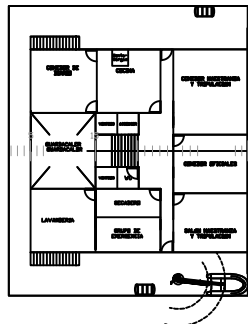


ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS NAVALES		
PROYECTO NUMERO CA 5. PORTACONTENEDORES DE 1750 TEU'S		ISMAEL FERNANDEZ GIL
	DIAGRAMA UNIFILAR	

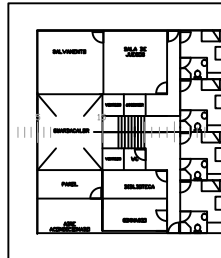
- PUEUTE
- CUBIERTA F
 - CUBIERTA E
 - CUBIERTA D
 - CUBIERTA C
 - CUBIERTA B
 - CUBIERTA A
 - CUBIERTA PPAL



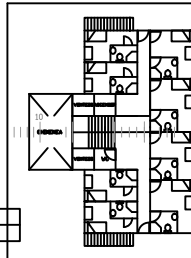
CUBIERTA A



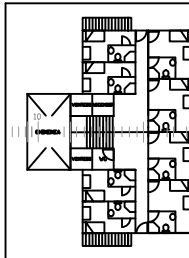
CUBIERTA B



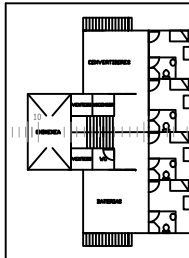
CUBIERTA C



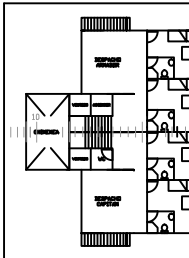
CUBIERTA D



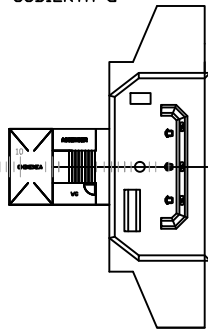
CUBIERTA E



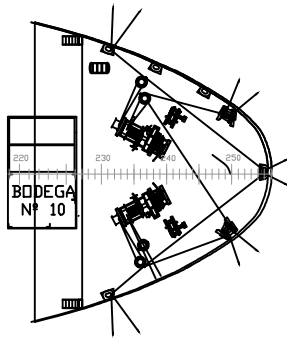
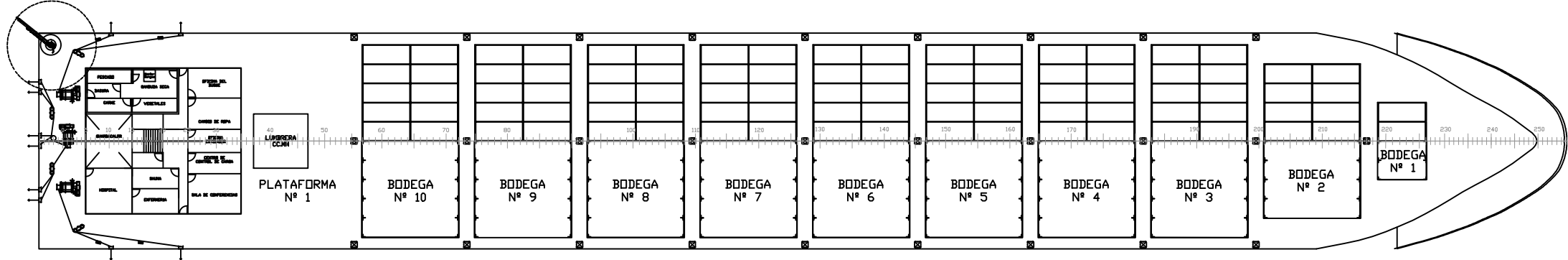
CUBIERTA F



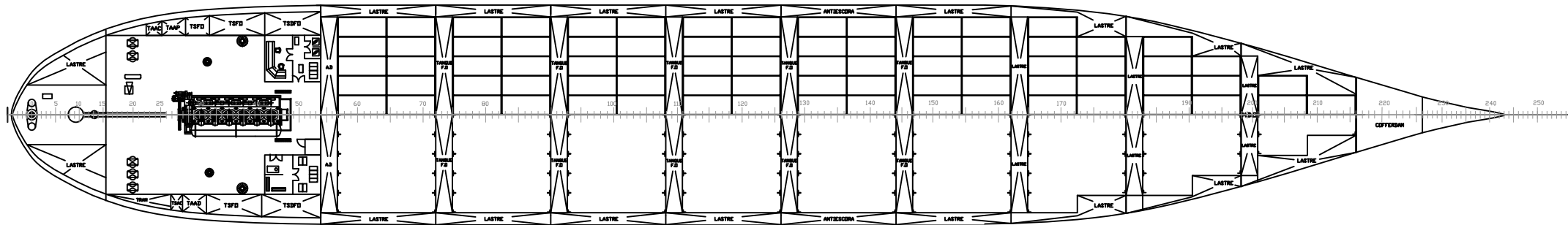
CUBIERTA G



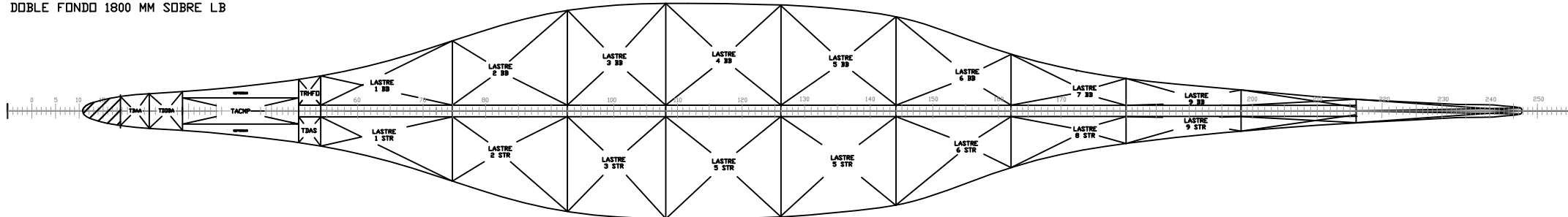
CUBIERTA SUPERIOR 16200 SOBRE L.B



9700 MM SOBRE LB

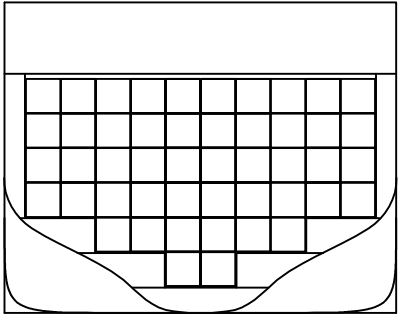


DOBLE FONDO 1800 MM SOBRE LB

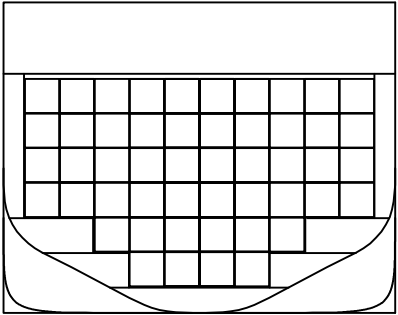


CARACTERÍSTICAS	
ESLORA ENTRE PERPENDICULARES	183.4 m
ESLORA TOTAL	197.0 m
ESLORA EN LA FLUTACION	187.0 m
MANGA DE TRAZADO	27.8 m
PUNTA DE TRAZADO	16.9 m
CALADA DE PROTECTOR	9.3 m
DESPLAZAMIENTO	31463 t
COEFICIENTE DE BLOQUE	0.68
COEFICIENTE DE LA MAESTRA	0.96
COEFICIENTE DE FLUTACION	0.81
ABSCISA CENTRO DE CARENA	92.6

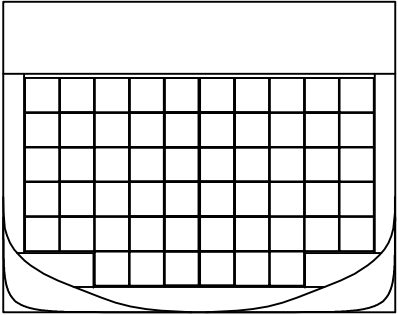
BODEGA 10. B



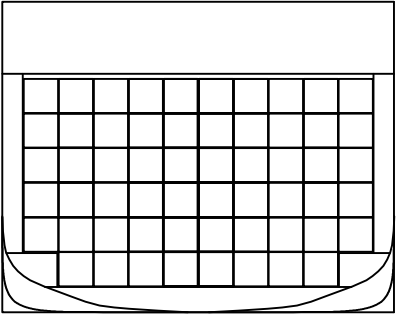
BODEGA 10. A



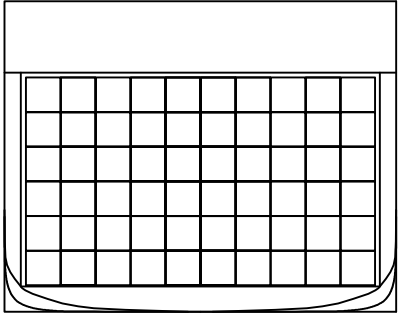
BODEGA 9. B



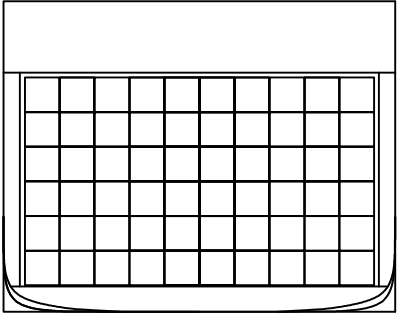
BODEGA 9. A



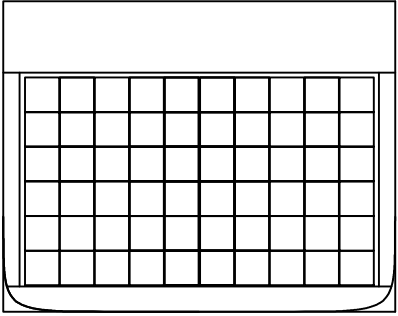
BODEGA 8. B



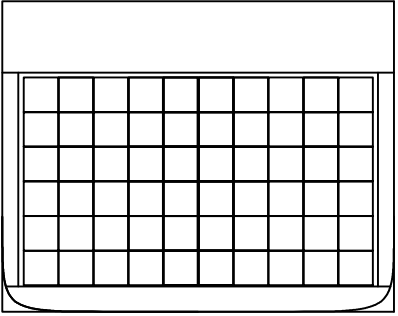
BODEGA 8. A



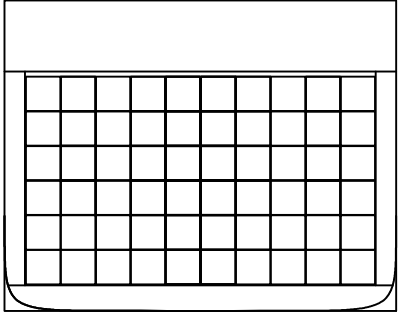
BODEGA 7. B



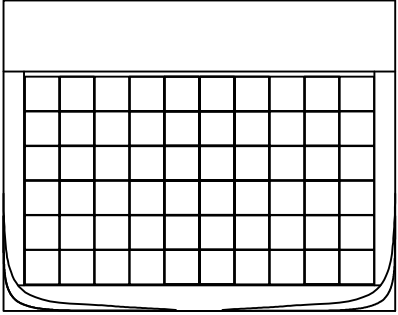
BODEGA 7. A



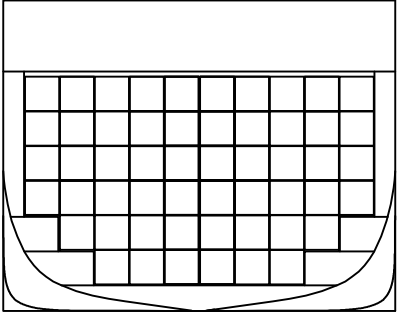
BODEGA 6. B



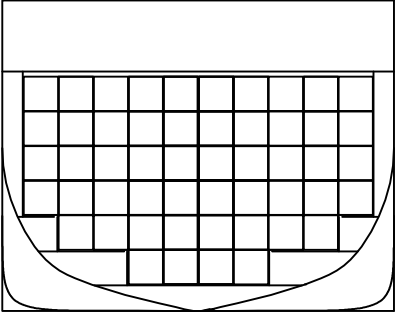
BODEGA 6. A



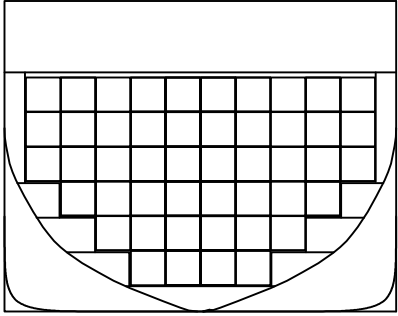
BODEGA 5. B



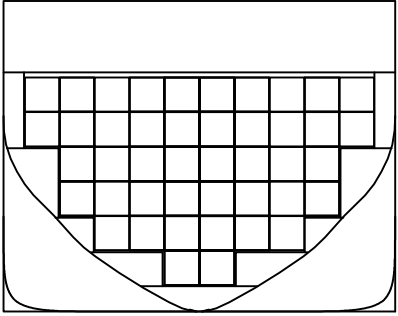
BODEGA 5. A



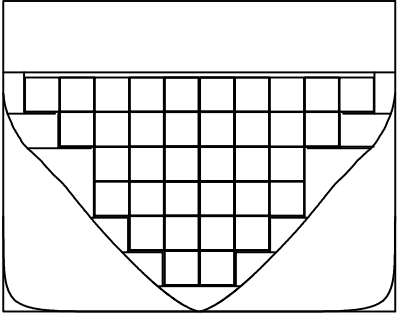
BODEGA 4. B



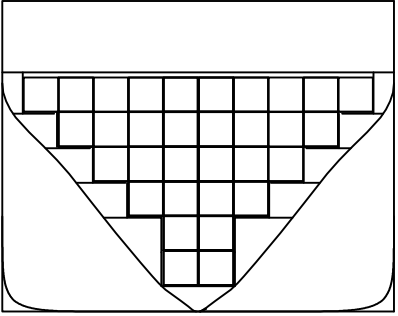
BODEGA 4. A



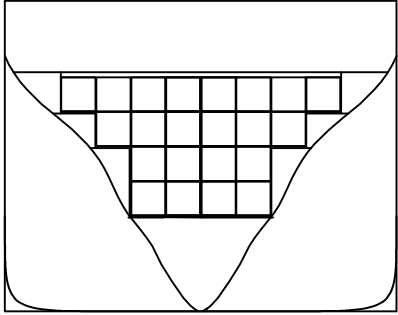
BODEGA 3. B



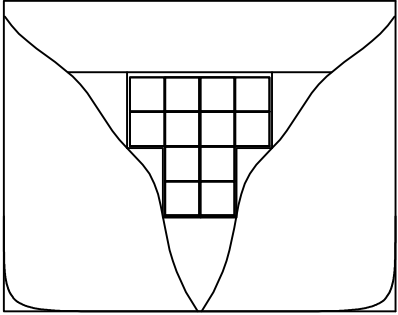
BODEGA 3. A



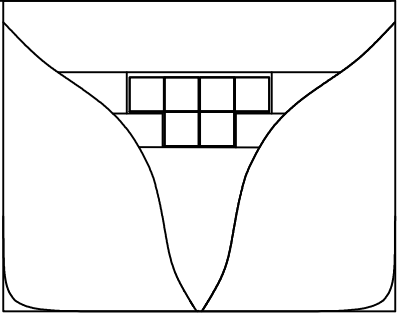
BODEGA 2. B

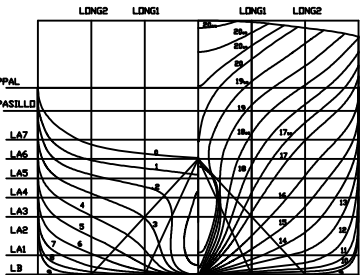
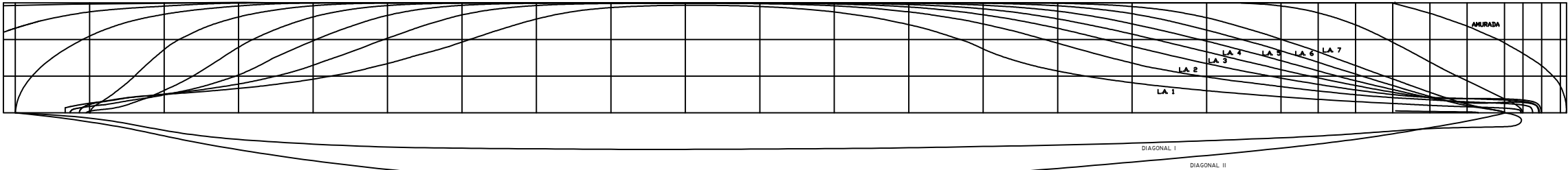
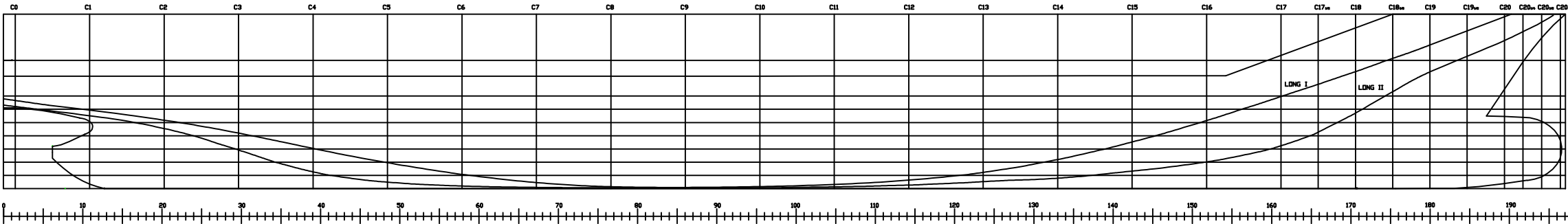


BODEGA 2. A



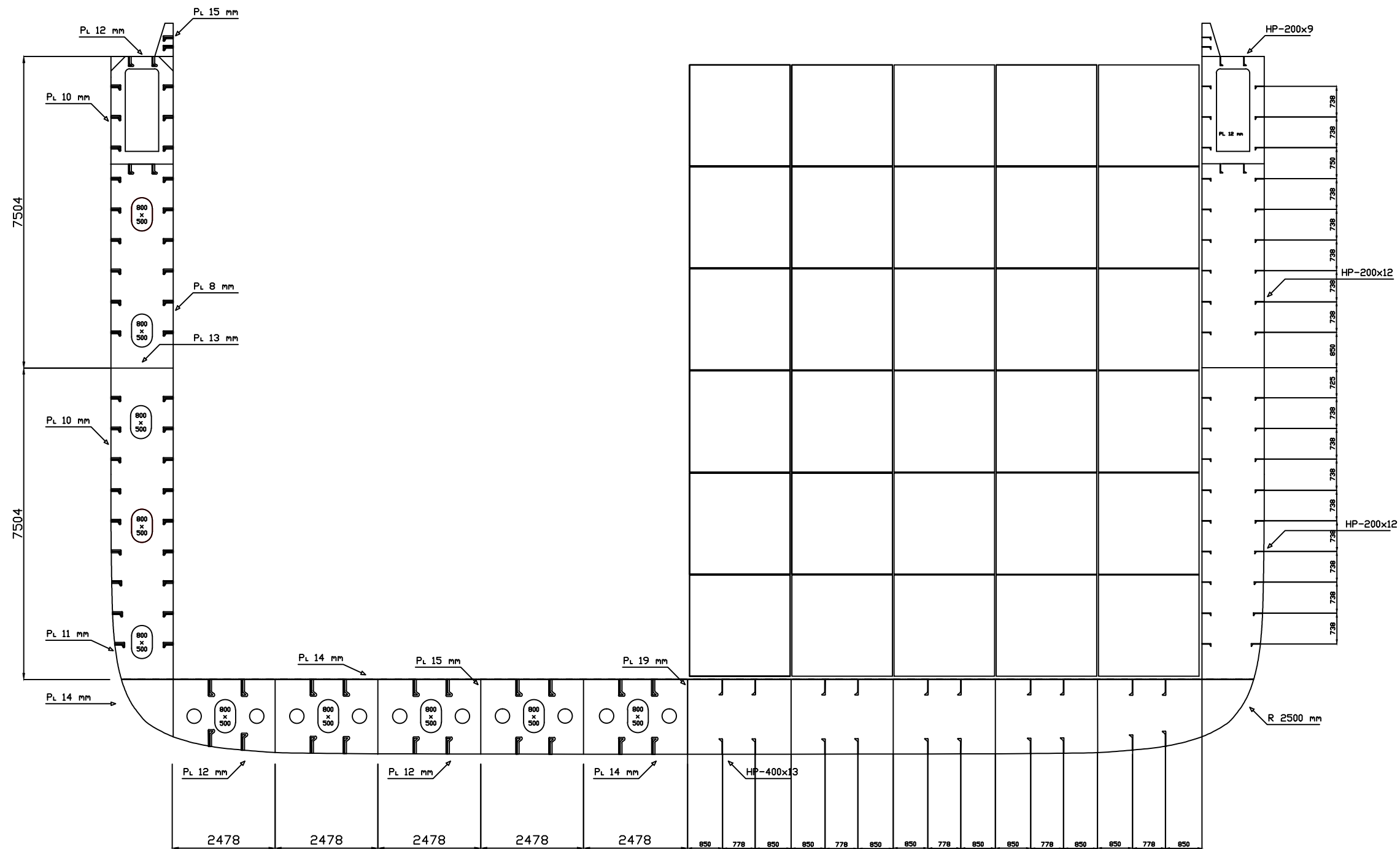
BODEGA 1





CARACTERÍSTICAS	
ESLORA ENTRE PERPENDICULARES	183,4 m
ESLORA TOTAL	197,0 m
ESLORA EN LA FLOTACIÓN	187,0 m
MANGA DE TRAZADO	27,8 m
PUNTA DE TRAZADO	16,9 m
CALADO DE PROYECTO	8,9 m
DESPLAZAMIENTO	31463 t
COEFICIENTE DE BLOQUE	0,68
COEFICIENTE DE LA MAESTRA	0,96
COEFICIENTE DE FLOTACIÓN	0,81
ABCISA CENTRO DE CARENA	92,6

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS NAVALES	
PROYECTO NUMERO CA 5.	ISMAEL FERNANDEZ GIL
PORTACONTENEDORES DE 1750 TEU S	
ESCALA	PLANO DE FORMAS
1/200	



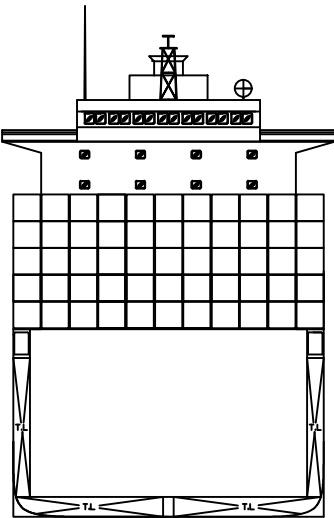
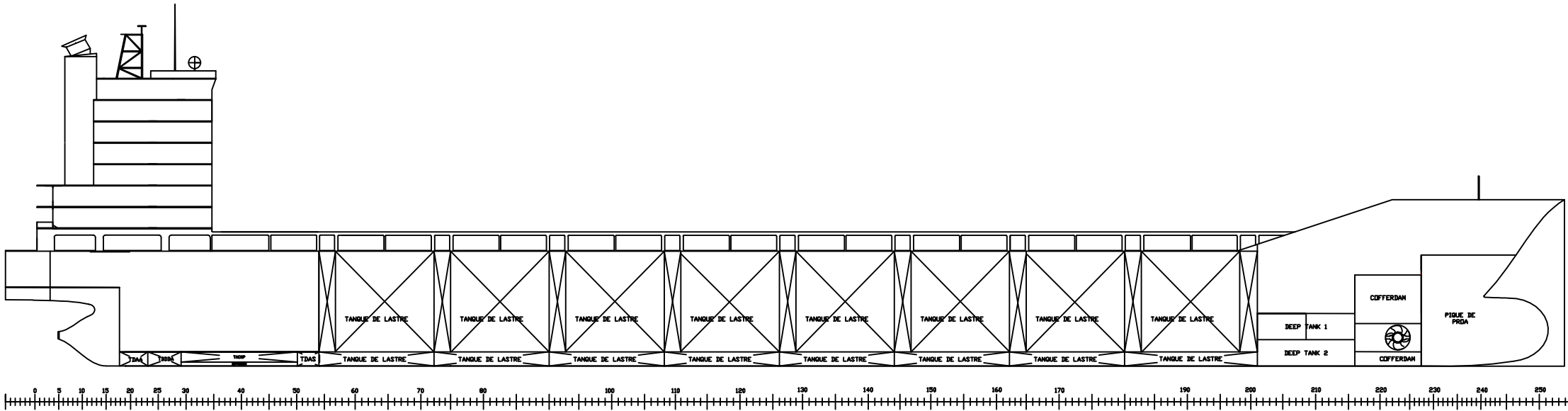
CARACTERÍSTICAS	
ESLORA ENTRE PERPENDICULARES	183,4 m
ESLORA TOTAL	197,0 m
ESLORA EN LA FLOTACIÓN	187,0 m
MANGA DE TRAZADO	27,8 m
PUNTA DE TRAZADO	16,9 m
CALADO DE PROYECTO	8,9 m
DESPLAZAMIENTO	31463 t
COEFICIENTE DE BLOQUE	0,68
COEFICIENTE DE LA MAESTRA	0,96
COEFICIENTE DE FLOTACIÓN	0,81
ABCISA CENTRO DE CARENA	92,6

MOMENTOS FLECTORES	
ARRUFO	183,4 m
QUEBRANTO	197,0 m

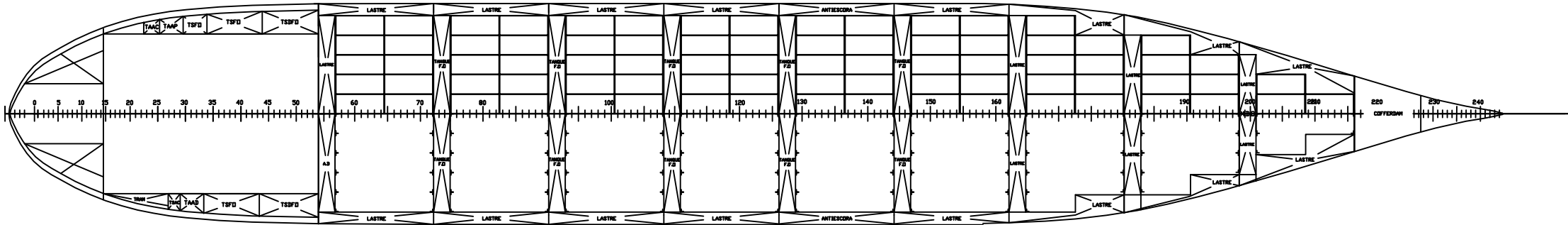
SOCIEDAD DE CLASIFICACION	
CLARA DE CUADERNAS	183,4 m
CLARA DE CUADERNAS EN PIQUES	197,0 m
CLARA DE CUADERNAS EN CCMM	187,0 m
CLARA DE BULARCAMAS	27,8 m

MATERIAL UTILIZADO	
ACERO NAVAL DULCE CON LIMITE ELASTICO 235 N	

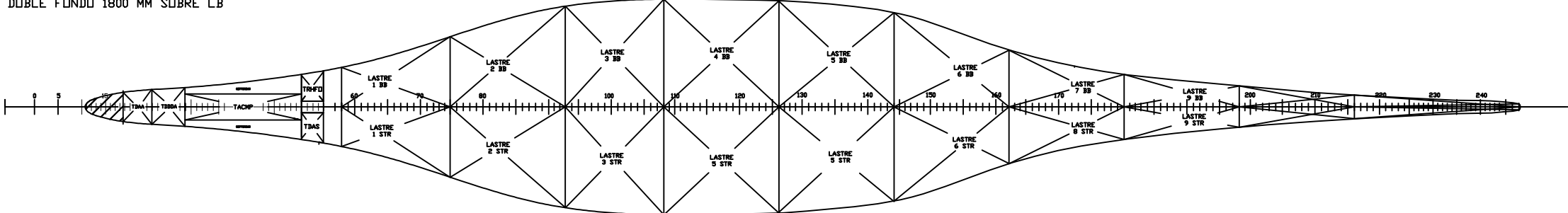
ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS NAVALES	
PROYECTO NUMERO CA 12. PORTACONTENEDORES DE 1750 TEU'S	ISMAEL FERNANDEZ GIL
ESCALA: 1/75	CUADERNA MAESTRA



9700 MM SOBRE LB



DOBLE FONDO 1800 MM SOBRE LB



TANQUES DE LASTRE	CONT.	CAPACIDAD	Xg	Yg	Zg
TANQUE LATERAL ESTRIBOR 1	LASTRE	397, 5 TON 148,7 M 5,9 M 10,4 M			
TANQUE LATERAL ESTRIBOR 2	LASTRE	326, 5 TON 134,2 M 5,9 M 10,0 M			
TANQUE LATERAL ESTRIBOR 3	LASTRE	364, 8 TON 119,7 M 5,9 M 13,0 M			
TANQUE LATERAL ESTRIBOR 4	LASTRE	216, 4 TON 105,2 M 5,9 M 13,0 M			
TANQUE LATERAL ESTRIBOR 5	LASTRE	237, 6 TON 90,7 M 5,9 M 13,0 M			
TANQUE LATERAL ESTRIBOR 6	LASTRE	241, 9 TON 76,2 M 5,9 M 13,0 M			
TANQUE LATERAL ESTRIBOR 7	LASTRE	247, 7 TON 61,7 M 5,9 M 13,0 M			
TANQUE LATERAL ESTRIBOR 8	LASTRE	445, 6 TON 47,2 M 5,9 M 13,0 M			
TANQUE LATERAL BORDO 1	LASTRE	397, 5 TON 148,7 M 5,9 M -10,4 M			
TANQUE LATERAL BORDO 2	LASTRE	326, 5 TON 134,2 M 5,9 M -10,0 M			
TANQUE LATERAL BORDO 3	LASTRE	364, 8 TON 119,7 M 5,9 M -13,0 M			
TANQUE LATERAL BORDO 4	LASTRE	216, 4 TON 105,2 M 5,9 M -13,0 M			
TANQUE LATERAL BORDO 5	LASTRE	237, 6 TON 90,7 M 5,9 M -13,0 M			
TANQUE LATERAL BORDO 6	LASTRE	241, 9 TON 76,2 M 5,9 M -13,0 M			
TANQUE LATERAL BORDO 7	LASTRE	247, 7 TON 61,7 M 5,9 M -13,0 M			
TANQUE LATERAL BORDO 8	LASTRE	445, 6 TON 47,2 M 5,9 M -13,0 M			
TANQUE DOBLE FONDO ESTRIBOR 1	LASTRE	35, 1 TON 187,7 M 0,9 M 0,7 M			
TANQUE DOBLE FONDO ESTRIBOR 2	LASTRE	57, 5 TON 165,2 M 0,9 M 0,9 M			
TANQUE DOBLE FONDO ESTRIBOR 3	LASTRE	84, 2 TON 150,7 M 0,9 M 1,5 M			
TANQUE DOBLE FONDO ESTRIBOR 4	LASTRE	144, 4 TON 136,2 M 0,9 M 2,6 M			
TANQUE DOBLE FONDO ESTRIBOR 5	LASTRE	245, 6 TON 121,7 M 0,9 M 4,4 M			
TANQUE DOBLE FONDO ESTRIBOR 6	LASTRE	323, 9 TON 105,2 M 0,9 M 6,2 M			
TANQUE DOBLE FONDO ESTRIBOR 7	LASTRE	344, 1 TON 90,7 M 0,9 M 6,9 M			
TANQUE DOBLE FONDO ESTRIBOR 8	LASTRE	284, 4 TON 76,8 M 0,9 M 6,5 M			
TANQUE DOBLE FONDO ESTRIBOR 9	LASTRE	275, 7 TON 62,2 M 0,9 M 5,2 M			
TANQUE DOBLE FONDO ESTRIBOR 10	LASTRE	166, 8 TON 47,4 M 0,9 M -0,9 M			
TANQUE DOBLE FONDO BORDO 1	LASTRE	35, 1 TON 187,7 M 0,9 M -0,7 M			
TANQUE DOBLE FONDO BORDO 2	LASTRE	57, 5 TON 165,2 M 0,9 M -0,9 M			
TANQUE DOBLE FONDO BORDO 3	LASTRE	84, 2 TON 150,7 M 0,9 M -1,5 M			
TANQUE DOBLE FONDO BORDO 4	LASTRE	144, 4 TON 136,2 M 0,9 M -2,6 M			
TANQUE DOBLE FONDO BORDO 5	LASTRE	245, 6 TON 121,7 M 0,9 M -4,4 M			
TANQUE DOBLE FONDO BORDO 6	LASTRE	323, 9 TON 105,2 M 0,9 M -6,2 M			
TANQUE DOBLE FONDO BORDO 7	LASTRE	344, 1 TON 90,7 M 0,9 M -6,9 M			
TANQUE DOBLE FONDO BORDO 8	LASTRE	284, 4 TON 76,8 M 0,9 M -6,5 M			
TANQUE DOBLE FONDO BORDO 9	LASTRE	275, 7 TON 62,2 M 0,9 M -5,2 M			
TANQUE DOBLE FONDO BORDO 10	LASTRE	166, 8 TON 47,4 M 0,9 M -0,9 M			
TANQUE CENTRAL ESTRIBOR 1	A. DUL	192, 8 TON 157,7 M 9,4 M 3,9 M			
TANQUE CENTRAL ESTRIBOR 2	LASTRE	243, 8 TON 142,4 M 9,4 M 5,1 M			
TANQUE CENTRAL ESTRIBOR 3	HFD	216, 7 TON 127,9 M 9,4 M 6,3 M			
TANQUE CENTRAL ESTRIBOR 4	HFD	291, 1 TON 113,3 M 9,4 M 6,3 M			
TANQUE CENTRAL ESTRIBOR 5	HFD	299, 7 TON 98,8 M 9,4 M 6,3 M			
TANQUE CENTRAL ESTRIBOR 6	HFD	301, 1 TON 84,2 M 9,4 M 6,3 M			
TANQUE CENTRAL ESTRIBOR 7	HFD	294, 7 TON 69,7 M 9,4 M 6,3 M			
TANQUE CENTRAL ESTRIBOR 8	HFD	277, 7 TON 55,2 M 9,4 M 6,3 M			
TANQUE CENTRAL ESTRIBOR 9	HFD	263, 8 TON 40,6 M 9,4 M 6,3 M			
TANQUE CENTRAL BORDO 1	LASTRE	192, 8 TON 157,7 M 9,4 M -3,9 M			
TANQUE CENTRAL BORDO 2	LASTRE	243, 8 TON 142,4 M 9,4 M -5,1 M			
TANQUE CENTRAL BORDO 3	HFD	216, 7 TON 127,9 M 9,4 M -6,3 M			
TANQUE CENTRAL BORDO 4	HFD	291, 1 TON 113,3 M 9,4 M -6,3 M			
TANQUE CENTRAL BORDO 5	HFD	299, 7 TON 98,8 M 9,4 M -6,3 M			
TANQUE CENTRAL BORDO 6	HFD	301, 1 TON 84,2 M 9,4 M -6,3 M			
TANQUE CENTRAL BORDO 7	HFD	294, 7 TON 69,7 M 9,4 M -6,3 M			
TANQUE CENTRAL BORDO 8	HFD	277, 7 TON 55,2 M 9,4 M -6,3 M			
TANQUE CENTRAL BORDO 9	HFD	263, 8 TON 40,6 M 9,4 M -6,3 M			
DEEP TANK 1	MDO	217, 7 TON 160,7 M 1,6 M 0 M			
DEEP TANK 2	LASTRE	263, 8 TON 160,7 M 5,0 M 0 M			
TANQUE ACEITE DE CIRCULACION M.P.	ACEITE	32 TON 10,7 M 0,9 M 0 M			
TANQUE DE AGUAS ACEITOSAS	ACEITE	15 TON 24,9 M 0,9 M 10 M			
TANQUE DE BERRANE DE ACEITE	ACEITE	10 TON 20,0 M 0,9 M 0 M			
TANQUE SERVICIO ACEITE CAMISAS	ACEITE	15 TON 17,3 M 9,9 M 9,9 M			
TANQUE DE EXPANSION AGUA DULCE	A. DUL	15 TON 14,5 M 9,9 M -9,9 M			
TANQUE DE BERRANE DE ACEITE	ACEITE	15 TON 17,3 M 0,9 M 0 M			
TANQUE SERVICIO DIARIO HFD	HFD	71 TON 20,9 M 9,9 M 9,9 M			
TANQUE SEDIMENTACION HFD	HFD	71 TON 24,9 M 9,9 M 9,9 M			
TANQUE SERVICIO DIARIO MFD	MDO	35,5 TON 14,5 M 9,9 M 9,9 M			
TANQUE SEDIMENTACION MFD	MDO	35,5 TON 18,5 M 9,9 M 9,9 M			
TANQUE ALMACEN AGUA DESTILADA	A. DUL	28 TON 24,9 M 9,9 M 9,9 M			
TANQUE ALMACEN AGUA POTABLE	A. DUL	28 TON 24,9 M 9,9 M -9,9 M			
TANQUE REBOSSES HFD	HFD	20 TON 20,0 M 9,9 M -9,9 M			
TANQUE DE ACEITE SUICIO	ACEITE	15 TON 17,3 M 9,9 M -9,9 M			
TANQUE ALMACEN ACEITE CAMISAS	ACEITE	15 TON 14,5 M 9,9 M -9,9 M			
TANQUE SERVICIO ACEITE CAMISAS	ACEITE	20 TON 17,3 M 9,9 M -9,9 M			
TANQUE RENOVACION ACEITE MOTOR	ACEITE	40 TON 18,5 M 9,9 M -9,9 M			
TANQUE SERVICIO ACEITE CAMISAS	ACEITE	40 TON 31,7 M 10,9 M -9,9 M			

CARACTERISTICAS	
ESLORA ENTRE PERPENDICULARES	183,4 m
ESLORA TOTAL	197,0 m
ESLORA EN LA FLOTACION	187,0 m
MANA DE TRAZADO	22,8 m
PUNTA DE TRAZADO	16,9 m
CALADO DE PROYECTO	8,9 m
DESPLAZAMIENTO	31463 t
COEFICIENTE DE BLDQUE	0,68
COEFICIENTE DE LA MAESTRA	0,96
COEFICIENTE DE FLOTACION	0,81
ABSCISA CENTRO DE CARENA	92,6